

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA
FACULTAD DE GEOLOGÍA, GEOFÍSICA Y MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



Asignatura: Asesoría de tesis

Proyecto Capstone

**DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN MINERA OPTIMIZANDO COSTOS
DE OPERACIÓN EN LA MINA CAYLLOMA DE LA EMPRESA
MINERA BATEAS SAC.**

INTEGRANTES:

ALVARADO HUANCA JUAN DIEGO

APAZA GUTIERREZ YENNY EVELIN

CALDERON CURIPA JHONNY

ASESOR: ING. REYNALDO CANAHUA LOZA

AREQUIPA – PERÚ

2019

RESUMEN

El presente trabajo está enmarcado en el desarrollo de una propuesta para sistema de ventilación en la mina Animas de la Unidad Productiva San Cristóbal según registro en el ministerio de energía y minas del Perú que es llamada comúnmente minas Caylloma de Minera Bateas SAC.

La propuesta es el planteamiento de un sistema de ventilación (adquisición de ventiladores y excavación de chimeneas) para un nivel de producción mayor al actual aplicando, variadores de velocidad, sistema de control bajo fibra óptica y consola de control, cuyo tiempo estimado asciende a dos años con una inversión de USD 692,297.

La producción de la unidad minera es de 1,200 tpd proveniente de tres zonas, mina Ánimas, mina Bateas y mina Santa Catalina. Siendo la mina Ánimas la de mayor aporte de producción de minerales, en promedio 90% de 1,200 tpd, en esta mina se aplica el método de explotación corte y relleno ascendente con un mayor nivel de mecanización comparado con las minas Bateas y Santa Catalina.

En la mina Ánimas, se explota las vetas Ánimas y Animas NE con un ancho promedio de 4.6 m el cual utiliza una mayor cantidad de equipos diésel, generando un requerimiento de ventilación de 341,212 cfm.

Producto del diagnóstico realizado, el sistema de ventilación de la mina Ánimas se evidenció una deficiencia en la cobertura general de la ventilación, llegando esta solo a cubrir el 73% de la demanda total.

Para los trabajos de profundización y expansión al Nor Este de la mina Ánimas, se incrementará el grado de contaminación por no contar con un planeamiento de ventilación.

Se estima mantener el ritmo de producción actual (1,200tpd) en el corto y mediano plazo, aunque las reservas y los recursos minerales (medidos e indicados) permiten sostener una producción superior al actual, se estima un ritmo de 1,600tpd, el cual reduciría la vida de la mina de 14 años a 11 años.

El nuevo requerimiento de ventilación para una producción de 1,600tpd asciende a 505,499cfm, y demandara una potencia de energía de 463.5hp; dimensionamiento de la propuesta.

Una oportunidad de optimización de la propuesta, está en el adecuado control del consumo de energía por cambio de turno, paradas programadas, alimentación, revisión de labores, check list, etc. Para el caso de la mina Caylloma estas actividades que representan 5 horas en un turno de 12 horas de trabajo. Evidenciada esta deficiencia se plantea la necesidad de implementación de variadores de velocidad que permitan regular la velocidad del motor de cada ventilador principal en las horas de baja productividad.

Se consideró una reducción al 70% de ventilación generando esto un ahorro de energía por año de 749,666 kw-h.

La propuesta final considera la adquisición e instalación de 02 ventiladores de 100,000cfm adicionales a los actuales, excavación de 02 chimeneas con equipos raise borer de 2.1m de diámetro al nor este; adquisición de 04 variadores de velocidad, instalación de red de fibra óptica, puntos de monitoreo y consola de control de equipos. El tiempo de implementación asciende a dos años con una inversión de USD 692,297. La propuesta en mención permite una generación de valor de USD 438,487.

Palabras claves: (optimización, ventilación, costos)

ABSTRACT

This document is framed in the development of a proposal for a ventilation system in the Animas mine of the San Cristóbal Productive Unit, according to a record in the Ministry of Energy and Mines of Peru, which is commonly called Caylloma mines of Minera Bateas SAC.

The proposal is the approach of a ventilation system (acquisition of fans and chimney excavation) for a higher production level than the current one, applying speed variators, control system under fiber optics and control console, whose estimated time amounts to two years with an investment of USD 692,297.

The mining unit's production is 1,200 tpd from three zones, Ánimas mine, Bateas mine and Santa Catalina mine. As the Ánimas mine is the one with the largest contribution of mineral production, on average 90% of 1,200 tpd, in this mine the upstream cut-fill method is applied with a higher level of mechanization compared to the Bateas and Santa Catalina mines.

At the Ánimas mine, the Ánimas and Animas NE veins are exploited with an average width of 4.6 m, which uses a greater amount of diesel equipment, generating a ventilation requirement of 341,212 cfm.

As a result of the diagnosis made, the ventilation system of the Ánimas mine showed a deficiency in the general coverage of ventilation, reaching only 73% of the total demand.

For the deepening and expansion works to the North East of the Ánimas mine, the degree of contamination will be increased due to not having a ventilation plan.

It is estimated to maintain the current production rate (1,200tpd) in the short and medium term, although the reserves and mineral resources (measured and indicated) allow to sustain a higher production than the current one, a rate of 1,600tpd is estimated, which would reduce mine life from 14 years to 11 years.

The new ventilation requirement for a production of 1,600tpd amounts to 505,499cfm, and will demand an energy output of 463.5hp; sizing of the proposal.

An opportunity to optimize the proposal is in the adequate control of energy consumption due to shift changes, scheduled stops, food, work review, check list, etc. In the case of the Caylloma mine, these activities represent 5 hours in a 12-hour shift. Evidence of this deficiency raises the need for the implementation of variable speed drives that allow regulating the speed of the motor of each main fan in the hours of low productivity.

A reduction to 70% of ventilation was considered, generating this an energy saving per year of 749,666 kW-h.

The final proposal considers the acquisition and installation of 02 fans of 100,000cfm additional to the current ones, excavation of 02 chimneys with 2.1m diameter raise borer equipment to the northeast; acquisition of 04 variable speed drives, fiber optic network installation, monitoring points and equipment control console. The implementation time amounts to two years with an investment of USD 692,297. The proposal in question allows a generation of value of USD 438,487.

Key words: (optimization, ventilation, costs)

ÍNDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT	4
CAPÍTULO I	12
INTRODUCCIÓN	12
1.1. TITULO Y UBICACIÓN	13
1.1.1. Título:.....	13
1.1.2. Ubicación:	13
1.2. ACCESIBILIDAD:	14
1.3. JUSTIFICACION:	16
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.4.1. Identificación del problema	16
1.5. ALCANCE Y LIMITACIONES	17
1.5.1. Alcance de la investigación	17
1.5.2. Limitaciones de la investigación.....	17
1.6. VARIABLES.....	18
1.6.1. VARIABLES INDEPENDIENTES:.....	18
1.6.2. VARIABLES DEPENDIENTES.....	18
1.6.3. INDICADORES.	18
1.7. OBJETIVOS	18
1.7.1. Objetivo general.....	18
1.7.2 Objetivos específicos	18
1.8. FORMULACION DE LA HIPÓTESIS.....	18

CAPÍTULO II	19
MARCO TEORICO	19
2.1. MARCO CONCEPTUAL.....	19
2.1.1. MINERA BATEAS	19
2.1.2. ASPECTOS TEORICOS FUNDAMENTALES MINA BATEAS	20
2.1.2.1 ASPECTOS GEOLOGICOS	20
2.1.2.2 MINERALIZACIÓN EPITERMAL	21
2.1.2.3 ALTERACIÓN HIDROTHERMAL.....	21
2.1.2.4 DESCRIPCIÓN DE ZONAS MINERALIZADAS	22
2.1.2.5 VETAS DE PLATA.....	23
2.1.2.6 VETAS POLIMETÁLICAS.....	23
2.1.2.7 ÁNIMAS Y ANIMAS NE	24
RECURSOS Y RESERVAS.....	26
RECURSOS MINERALES.....	26
RESERVA MINERAL.....	27
2.2. CONCEPTOS TEORICOS	29
2.2.1. Leyes de Kirchof	29
2.2.2. Primera Ley de Kirchof.....	29
2.2.3. Segunda Ley de Kirchof	29
2.2.4. Algoritmo de Hardy Cross	29
2.3. FUNDAMENTOS DE VENTILACIÓN EN MINAS SUBTERRÁNEAS.....	30
2.3.1. AIRE DE MINA	30
2.3.2. DENSIDAD DE AIRE.....	30
2.3.3. DIFERENCIA DE PRESIÓN DE AIRE	30
2.3.4. RESISTENCIA DE FLUJO DE AIRE	31
2.3.5. PERDIDA POR FRICCIÓN.....	31
2.3.6. POTENCIA DE ENERGÍA	31
2.3.7. REGULADORES	32
2.3.8. FLUJO DE AIRE	32
2.3.9. FLUJO DE AIRE EN PARALELO	33
2.3.10. FLUJO DE AIRE EN SERIE	34

2.3.11. VENTILACIÓN NATURAL	34
2.3.12. VENTILACIÓN MECÁNICA.....	35
2.3.13. VENTILADORES AXIALES.....	35
2.3.14. APLICACIÓN DE VARIADORES DE VELOCIDAD	35
2.3.15. REDUCCIÓN DE COSTO VARIADOR DE VELOCIDAD	36
2.3.16. TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN.....	37
2.3.17. Aplicación de tecnologías de información en ventilación de minas en el complejo minero de nevada barrick goldstrike – usA.....	37
2.3.18. Aplicación de tecnologías de información en ventilación de minas de la unidad minera el teniente de Codelco - Chile.....	39
2.3.19. Aplicación de tecnologías de información en ventilación de minas de la unidad económica de Yauli, Volcan Cía. Minera - Perú	40
CAPÍTULO III.....	42
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	42
3.1. PROCESAMIENTO METODOLÓGICO	42
3.1.1. FASE EXPLORATORIA	43
3.1.2. FASE CUANTITATIVA.....	43
3.2. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN ACTUAL DE LA MINA ANIMAS DE LA UNIDAD CAYLLOMA DE MINERA BATEAS	44
3.2.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE VENTILACIÓN.....	44
3.2.2. VENTILACIÓN PRINCIPAL.....	45
3.2.3. VENTILACIÓN AUXILIAR.....	46
3.3. ACTIVIDADES DESARROLLADAS PARA EL DIAGNOSTICO	47
3.3.1. LEVANTAMIENTO DE LA VENTILACIÓN.....	47
3.3.2. MONITOREO DE VENTILACIÓN.....	47
3.3.3. DEMANDA DE AIRE	49
3.3.4. OFERTA DE AIRE.....	52
3.3.5. BALANCE DE AIRE	52

CAPÍTULO IV	53
ANÁLISIS DE RESULTADOS	53
4.1. ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE VENTILACIÓN ..	53
4.2. PLANEAMIENTO DE PRODUCCIÓN Y VENTILACIÓN DE LA MINA ÁNIMAS	55
4.2.1. PLAN DE PRODUCCIÓN ACTUAL.....	55
4.2.2. PLAN DE PRODUCCIÓN A LARGO PLAZO	55
4.2.2.1 CALCULO DE PRODUCCIÓN.....	56
4.2.3. PLANEAMIENTO DE LA VENTILACIÓN.....	58
4.2.3.1 Condiciones Actuales del sistema de ventilación	58
4.2.3.2 Ventilación por zonas de producción de la mina Ánimas.....	58
4.2.3.3 Condiciones a Mediano y Largo Plazo.....	58
4.2.4. Alternativas de dimensionamiento del sistema ventilación.....	60
4.2.4.1 Alternativa I.....	61
4.2.4.2 Alternativa II	61
4.2.4.3 Alternativa III.....	61
4.3. Optimización de la propuesta	61
4.3.1. Aplicación de variadores de velocidad.....	61
4.3.2. Aplicación de sistemas de control a través de tecnologías de	62
4.3.3. Inversión de Sostenibilidad de la operación.....	64
DISCUSION FINAL	65
CONCLUSIONES	66
RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFIA	68
ANEXOS	69

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Proyecto Minera bateas	13
FIGURA 2: Plano de Ubicación Mina Caylloma	14
FIGURA 3: Ruta planta bateas – Centro de Arequipa.....	15
FIGURA 4: Plano de distribución de infraestructura Unidad Caylloma.....	15
FIGURA 5: Mapa de la Geología Regional de Caylloma	20
FIGURA 6: Mapa Geológico de la propiedad de Caylloma y sistemas de vetas ...	25
FIGURA 7: Clasificación Recurso Mineral Veta Anima	26
FIGURA 8: Esquema de ventilación en paralelo	33
FIGURA 9: Esquema de ventilación en serie.....	34
FIGURA 10: Variación de la velocidad vs el caudal de aire	36
FIGURA 11: Potencia de ventilador: velocidad variable vs control por válvula.....	37
FIGURA 12: Layout general de la unidad minera.....	38
FIGURA 13: Monitoreo de ventiladores principales	39
FIGURA 14: Ubicación de ventiladores principales de extracción de 400,000cfm Mina San Cristóbal – UEA Yauli- Volcan Cia Minera.....	41
FIGURA 15: Vista Longitudinal del sistema de ventilación de la mina animas	45
FIGURA 16: Parámetros de operación de ventilador principal Nv 5 ½ Animas	45
FIGURA 17: Parámetros de operación de ventilador principal Nv 07 Animas NE.	46
FIGURA 18: Distribución de requerimiento de ventilación en la mina animas	50
FIGURA 19: Modelo General del sistema de ventilación en Ventsim – Veta Animas.....	54
FIGURA 20: Resultados obtenidos Alternativa I.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Resumen de inventario de recursos minerales de la Unidad de Caylloma al 30 de Junio, 2010	26
TABLA 2: Inventario de reservas probadas y probables al 31 de Dic. Del 2011 ..	27
TABLA 3: Inventario de recursos geológicos al 31 Dic. del 2011	28

TABLA 4: Parametros operativos de ventiladores principales actuales en la mina Animas	44
TABLA 5: Resultados de levantamiento de ventilación de la mina Ánimas.....	47
TABLA 6: Resultados de monitoreo del sistema de ventilación de la mina Animas	48
TABLA 7: Requerimiento de ventilación por personal que labora en la mina animas por turno	50
TABLA 8: Requerimiento de ventilación por equipo	50
TABLA 9: Balance general de ventilación mina Animas.....	52
TABLA 10: Producción actual y estimada a largo plazo.....	57
TABLA 11: Requerimiento de ventilación (equipos diésel y personal)	59
TABLA 12: Resumen de alternativas	61
TABLA 13: Resumen de costo operativo para una producción de 1,600tpd	64

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1: Accesibilidad.....	14
CUADRO 2: Formulación del problema	17

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los cambios climatológicos en el mundo es hoy en día una preocupación y es la principal preocupación de los países, es así que se vienen desarrollando esfuerzos denodados por minimizar el impacto al ambiente. Uno de ellos es el menor consumo de energía a nivel mundial y la búsqueda de nuevas formas de generación energética en vista a la reducción de glaciares en las zonas alto andinas.

En el Perú, uno de los mayores consumidores de energía es la industria y en ella la minería, el cual es un alto consumidor de energía eléctrica, para el desarrollo de sus operaciones. En la minería a cielo abierto y subterráneo el requerimiento de energía es alto, por la operación de equipos eléctricos tanto en la planta de procesos así como en las actividades de mina.

En la mina subterránea una de las actividades de mayor consumo de energía es la ventilación, de acuerdo al grado de mecanización, cantidad de equipos y personal a emplear, para ello requiere de equipos como ventiladores de mayor capacidad en caudal y mayor requerimiento energético.

En la Unidad Operativa de Caylloma de Minera Bateas, el consumo de energía para abastecer los sistemas de ventilación representa el 30% del total de consumo de la mina subterránea, lo que hace necesario su estudio y rediseño de estos sistemas, considerando el planeamiento de crecimiento productivo de la unidad.

1.1. TÍTULO Y UBICACIÓN

1.1.1. Título:

OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACION PARA
MINIMIZAR COSTOS EN MINERIA SUBTERRANEA

1.1.2. Ubicación:

La unidad de Caylloma se encuentra 225 kilómetros aproximadamente a 4 horas al noroeste de la ciudad de Arequipa-Perú, a una altitud de 4.500 metros sobre el nivel del mar.

Sus coordenadas U. T. M. son:

Norte: 8 317 650

Este: 192 584

La mina, la planta de procesamiento e infraestructura relacionada, se encuentran en la zona Minero de Caylloma, a 14 kilómetros al noroeste del distrito del mismo nombre.



FIGURA 1: Proyecto Minera bateas

Fuente: Google Earth



FIGURA 2: Plano de Ubicación Mina Caylloma

1.2. ACCESIBILIDAD:

El distrito minero de Caylloma se localiza a 14 Km. al NW del pueblo de Caylloma, capital del mismo nombre, provincia de Caylloma, región de Arequipa.

Es accesible desde la ciudad de Lima hasta Arequipa; luego mediante una carretera que une la ciudad de Arequipa con el distrito de Caylloma, pasando por el cruce de acceso a la mina Arcata, hasta llegar a la mina San Cristobal (ver cuadro N° 1).

ACCESIBILIDAD	DISTANCIA
Lima – Arequipa	1 005 Km
Arequipa – Caylloma	225 Km
Caylloma – Unidad San Cristóbal	14 Km

CUADRO 1: Accesibilidad



FIGURA 3: Ruta planta bateas – Centro de Arequipa

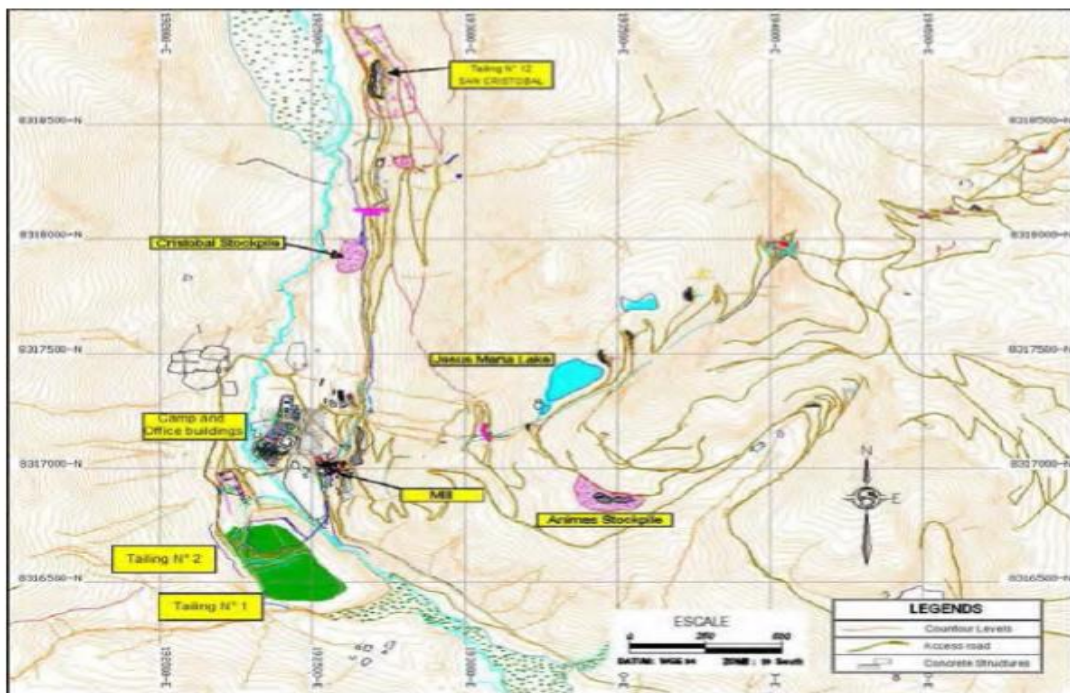


FIGURA 4: Plano de distribución de infraestructura Unidad Caylloma

Fuente: Reporte técnico NI 43-101 Minera Bateas Mayo 2012 – Fortuna Silver

1.3. JUSTIFICACION:

La propuesta se justifica en dar cumplimiento a la Norma D.S. 024-2016-EM, en la que se dice que todo sistema de ventilación en la actividad minera, en cuanto a la calidad de aire debe mantenerse dentro de los límites de exposición ocupacional para agentes químicos de acuerdo al ANEXO N°15 y lo establecido en el reglamento sobre valores límite permisibles para agentes químicos en el trabajo, aprobado por decreto supremo N° 0.15-2005-SA o la norma que lo modifique o sustituya, a su vez la investigación busca reducir los costos operativos bajo el menor consumo de energía en las operaciones e incremento de la productividad en las actividades unitarias del proceso de minado.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1. Identificación del problema

El incremento de la demanda de los metales promovidos por el consumo de los países emergentes, hace que las empresas mineras incrementen sus niveles de producción, trayendo consigo un mayor uso de equipos en su proceso, ello conlleva en mayor riesgo de enfermedades ocupacionales por generación de ambientes altamente contaminados, ha ello se suma la falta de planeación de los sistemas de ventilación en la mina, lo cual conlleva en el incumplimiento de la normativa vigente D.S. 024-2016-EM, que tiene como fin preservar la seguridad y salud ocupacional de todos los colaboradores. Esta es la problemática actual de la mina en estudio, que a su vez se suma el limitado abastecimiento de energía a la unidad generando restricciones en los procesos mineros que se traduce en pérdidas económicas por paralizaciones de la cadena productiva.

<u>Problema</u>	<u>Causas</u>	<u>Efecto</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Falta en la capacidad de ventilación para una mayor producción • Consumo excesivo de energía 	<ol style="list-style-type: none"> 1. La no capacidad de los ventiladores para ventilar adecuadamente 2. Falta de planeación de los sistemas de ventilación. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Costos excesivos de energía 2. Perdidas económicas debido a que no hay una buena producción por la caída de presión en el aire.

CUADRO 2: Formulación del problema

1.5. ALCANCE Y LIMITACIONES

1.5.1. Alcance de la investigación

La presente investigación se centra en la fase de minado subterráneo de la Mina Animas de la unidad de Caylloma, para ello usaremos la información generada en el año 2011.

1.5.2. Limitaciones de la investigación

Este Plan de ventilación solo es para unidad minera Bateas ya que se usaran solo los datos obtenidos en campo y de acuerdo a sus labores se determinaran la cantidad posible de ventilación auxiliar será necesario.

Existen limitaciones, así como limitaciones económicas, la falta de implementación de software referente a ventilación.

Poco interés de parte del titular minero y del personal en la implementación del sistema de ventilación en la mina.

1.6. VARIABLES

1.6.1. VARIABLES INDEPENDIENTES:

Caudal de aire (ventilación primaria)

Vida del proyecto

1.6.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Características de los ventiladores

Costos

1.6.3. INDICADORES.

- El alto costo por pagos de energía
- Bajas horas de trabajo debido al estrés en los trabajadores por la falta de aire necesario

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. Objetivo general.

Diseñar un sistema de ventilación, cuya infraestructura tecnológica y de comunicación permitan transmitir en tiempo real los cambios de la calidad de aire del sistema.

1.7.2 Objetivos específicos

Minimizar el consumo de energía eléctrica por uso de tecnología, instrumentación y sistemas de comunicación en interior mina.

1.8. FORMULACION DE LA HIPÓTESIS

Para la presente propuesta se planteará la siguiente hipótesis principal de investigación.

Los sistemas de ventilación aplicando tecnologías de información a través de manejo de escenarios es una propuesta que genera valor en el proceso de minado de la unidad de Caylloma.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. MINERA BATEAS

El presente trabajo de investigación se ha realizado en la mina Bateas, distrito minero de Caylloma, de Fortuna Silver Mines Inc. Su mineralización, principalmente de plata, se encuentra hospedada en vetas de rumbo predominante noreste, aunque también se reconocen estructuras de rumbo noroeste. Los clavos mineralizados poseen una longitud variable entre decenas de metros a varios cientos de metros, con una extensión vertical del orden de los 300 metros.

En base a observaciones de campo detalladas efectuadas durante el año 2009, se mapeó a escala 1/5000 el área del distrito y a escala 1/1000 las estructuras mineralizadas; esto sumado al análisis de imágenes satelitales 32 y fotografías aéreas han posibilitado establecer los controles estructurales y estratigráficos, desde el ámbito regional de emplazamiento de la mineralización epitermal, hasta el análisis estructural detallado de la cinemática de movimiento de las distintas fallas sin y post-mineral.

2.1.2. ASPECTOS TEORICOS FUNDAMENTALES MINA BATEAS

2.1.2.1 ASPECTOS GEOLOGICOS

GEOLOGIA REGIONAL

El distrito de Caylloma se encuentra en el arco volcánico Neógeno que forma parte de la Cordillera Occidental. Esta parte del arco volcánico desarrollado en una gruesa corteza continental compuesto de rocas deformadas Paleozoico y Mesozoico.

El cinturón volcánico en el distrito de Caylloma contiene grandes calderas, localmente superpuestos del Mioceno inferior a Plioceno compuesto por calcoalcalino andesítica a los flujos riolíticos, ignimbritas, depósitos laharcic y domos volcánicos que recubren discordantemente una secuencia de plegado del mar de cuarcita , el esquisto y piedra caliza del Jurásico Grupo Yura.

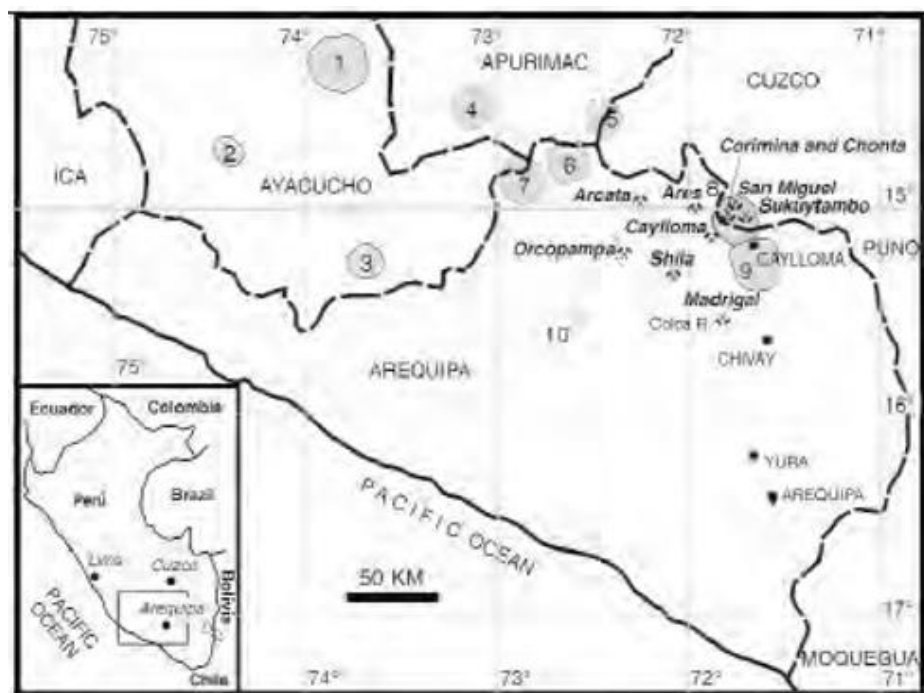


FIGURA 5: Mapa de la Geología Regional de Caylloma

Fuente: Reporte Técnico NI 43-101 Minera Bateas Mayo 2012

GEOLOGIA LOCAL

El distrito minero de Caylloma se encuentra al noroeste del complejo de la caldera de Caylloma. La roca huésped de las vetas mineralizadas es de naturaleza volcánica, perteneciente al Grupo Tacaza.

Las rocas volcánicas del Grupo se encuentran en discordancia Tacaza sobre una secuencia sedimentaria de cuarcitas y lutitas del Grupo Yura Jurásico. Algunas partes de la propiedad están cubiertas por espesores variables de Plioceno-Pleistoceno minerales post-volcánicos y sedimentos glaciales recientes y aluviales.

PROPIEDAD GEOLÓGICA

La propiedad de Caylloma se caracteriza por una serie de estructuras de fallas y la vena que golpean en una dirección noreste-suroeste.

2.1.2.2 MINERALIZACIÓN EPITERMAL

Hay dos tipos distintos de mineralización en la propiedad de Caylloma, uno con valores de plata predominantemente elevadas, y el otro es polimetálica (plata elevada, plomo, zinc, cobre y oro).

Un horizonte de óxido supergénica se ha identificado que contiene los siguientes minerales secundarios: psilomelana, pirolusita, goethita, hematites, calcosina, covelita y el rejalgá (Corona y las venas de antimonio). La zona de óxido es delgada, sin evidencia de ningún tipo de enriquecimiento de plata secundaria.

2.1.2.3 ALTERACIÓN HIDROTHERMAL

Hay tres tipos de alteración hidrotermal se han identificado en la propiedad de Caylloma: (1) de cuarzo-adularia, (2) de cuarzo-illita y propilítica (3).

El cuarzo adularia-(+ pirita + /-illita) alteración está restringida a los márgenes de las venas, con el espesor de la zona alterada siendo generalmente proporcional al espesor de la vena.

El ancho varía desde unos pocos centímetros a unos pocos metros.

Sustituye la matriz de cuarzo en las rocas volcánicas, y además de cuarzo adularia se producen en vetillas pequeñas. Pirita se difunde en las vetillas y en minerales de hierro y manganeso en la pared de roca. La illita es un producto de plagioclasas y alteraciones volcánicas de la matriz.

2.1.2.4 DESCRIPCIÓN DE ZONAS MINERALIZADAS

Las vetas en la propiedad Caylloma muestran patrones estructurales y controles típicos de los sistemas de vetas alojadas por otras rocas volcánicas del Terciario en la sierra peruana occidental. El sistema de vetas de Caylloma fue desarrollado como un conjunto de estructuras de dilatación como consecuencia de la tensión generada durante el evento principal de compresión de los Andes. Las vetas son muy persistentes a lo largo. A nivel local, las vetas se ven desplazadas por las fallas post-mineral al nor-noroeste. El desplazamiento horizontal a lo largo de estas fallas es menor y oscila entre centímetros hasta unos pocos metros, desplazamiento vertical significativo se observa en las estructuras.

Las vetas son de en la naturaleza, con espacios abiertos, llenos de deposición episódica. De acuerdo con Echavarría et al., (2006) la mayoría de los minerales, plata y metales base, están relacionados con la deposición de la mineralización de manganeso que ocurren en las bandas, que constan de cuarzo, rodonita, rodocrosita y sulfuros.

Sistemas de vetas en la propiedad Caylloma están en general tienen el rumbo noreste - suroeste donde este último predomina. Roca caja son brechas, lavas y andesítica volcánica clásticas del grupo volcánica Tacaza.

Hay dos tipos diferentes de mineralización en Caylloma; la primera se compone de vetas ricas en mineral de plata con bajas concentraciones de metales base. El segundo tipo de veta es de tipo polimetálica con minerales de plata, plomo, zinc, cobre, y oro.

2.1.2.5 VETAS DE PLATA

Los sistemas de vetas de plata afloran en la parte central y norte de la propiedad de Caylloma, con las mejores exposiciones de mineralización entre las áreas de Cuchilladas y Trinidad.

La mineralización está compuesta principalmente por bandas de rodocrosita, rodonita y cuarzo lechoso, con sulfosales de plata presentes en ciertas vetas. Los sistemas de vetas se extienden hasta el flanco oriental de la zona de Huaraco; las exposiciones en este ámbito consisten en cuarzo-calcita con bajas concentraciones de óxidos de manganeso.

Las vetas de plata pueden ser sub-dividido en dos grupos:

1) Los que tienen suficiente información geológica para respaldar las estimaciones de recursos minerales

Las vetas reconocidas que conforman son; Bateas, Bateas Techo, La Plata, Cimoide La Plata, San Cristóbal, San Pedro, San Carlos, Paralela , and Ramal Paralela.

2) Los que han sido identificados como objetivos de exploración. Las vetas reconocidas que conforman son; Eureka, Copa de Oro, El Toro, La Blanca, Santa Rosa, and Santa Isabel, Trinidad, Elisa, Leona, Apóstoles, Jerusalén, Santo Domingo, La Peruana, Alerta, and Cercana.

2.1.2.6 VETAS POLIMETÁLICAS

Una serie de vetas polimetálicas se han identificado en la parte sur y central de la propiedad Caylloma. Estos sistemas de vetas tienden a ser mayores en longitud y potencia en comparación con los sistemas de vetas de plata.

Los principales minerales asociados a estas vetas polimetálicas son galena, esfalerita, pirita, calcopirita, y en algunas zonas pirargirita.

Las vetas polimetálicas al igual que las vetas de plata se sub-divide en dos grupos:

1) Los que tienen suficiente información geológica para respaldar las estimaciones de recursos minerales, las conforman las vetas Animas, Animas NE, Santa Catalina, Soledad, Silvia, Pilar y Patricia.

2) Los que han sido identificados como objetivos de exploración, las conforman las vetas Nancy, El Diablo y Antimonio. Para este caso, el presente estudio solo se enfoca en la Mina Animas conformadas por vetas polimetálicas cuyo aporte de producción diario oscila en promedio al 90% y es el mayor demandante de ventilación de la unidad Caylloma.

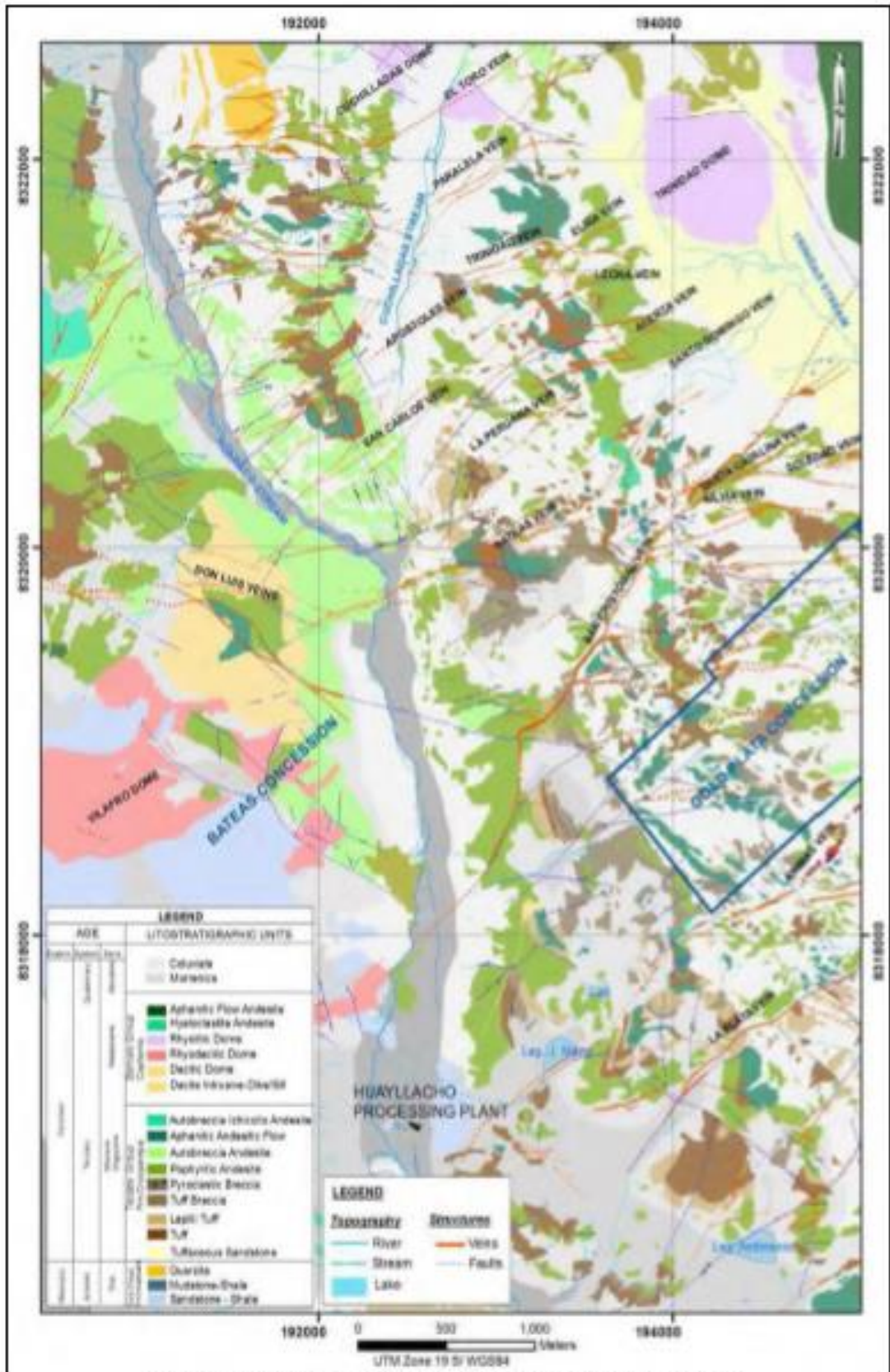
La mina Ánimas extrae mineral de las vetas Animas y Animas NE.

2.1.2.7 ÁNIMAS Y ANIMAS NE

La veta Animas es una de las estructuras más prominentes y bien definidos en la parte sur de la propiedad. Es una veta polimetálica de base rica en metales que se divide en dos partes, basadas exclusivamente en una estructura de falla que interrumpe la continuidad de la veta. La veta hacia el sur-oeste de la falla que se conoce como Animas mientras que al nor-este de la falla de la veta se conoce como Animas NE.

La veta polimetálica Animas está reconocida desde el nivel 5 (4850 msnm) hasta debajo del nivel 12 (4495 msnm) en la mina. En su longitud se ha reconocido varias zonas anchas (más de 12 m).

Los afloramientos de vetas a lo largo de 1,5 kilómetros con exposiciones silicificadas teñidas con óxido de manganeso que ha sido identificado a través de perforación diamantina en una longitud total de 3,8 km. En promedio la veta Ánimas tiene ancho de 4 m a 5m llegando a más de 12 m en áreas puntuales. La explotación actual ha identificado anchos de hasta 16 m en el nivel 9 (4,650 msnm) y 10 m en el nivel 12 (4.500 msnm), donde se forma una zona simoidal aproximadamente de 300 m en longitud con un ancho entre 2.5 a 3.0 m en el extremo oriental y al oeste.



Fuente: Reporte Técnico NI 43-101 Minera Bateas, Mayo 2012

FIGURA 6: Mapa Geológico de la propiedad de Caylloma y sistemas de vetas

RECURSOS Y RESERVAS

RECURSOS MINERALES

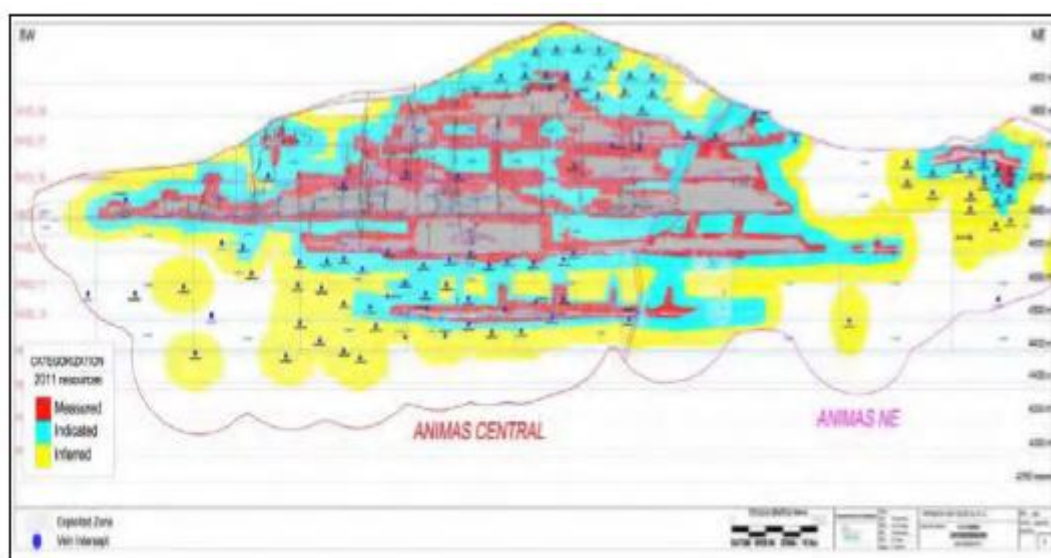
Los recursos geológicos están categorizados según estándares canadienses CIM “Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum”, en recursos medidos, indicados e inferidos.

En la tabla 3 se muestra los recursos geológicos del yacimiento de Caylloma.

Category	Tonnes	Ag (g/t)	Au (g/t)	Pb (%)	Zn (%)
Measured	2,113,150	169	0.35	1.57	2.43
Indicated	3,000,800	131	0.39	1.64	2.53
Measured + Indicated	5,113,950	147	0.37	1.61	2.49
Inferred	2,655,000	105	0.37	1.19	2.31

Fuente: Reporte Técnico NI 43-101 Unidad Caylloma- Minera Bateas, Mayo 2012

TABLA 1: Resumen de inventario de recursos minerales de la Unidad de Caylloma al 30 de Junio, 2010



Fuente: Reporte Técnico NI 43-101 Minera Bateas, Mayo 2012

FIGURA 7: Clasificación Recurso Mineral Veta Anima

RESERVA MINERAL

La estimación de reservas minerales probadas y probables de la Unidad Caylloma, fueron estimados bajo la norma CIM “Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum”.

En la tabla 4, se muestra el inventario de reservas por vetas en la Unidad de Caylloma actualizados al 31 de Diciembre del 2011.

En la tabla 5 se muestra en inventario de recursos geológicos (medidos, indicados e inferidos) que por diversos factores exigidos por el CIM mantienen la categoría de recursos.

Category	Vein	Tonnes	NSR (US\$/t)	Ag (g/t)	Au (g/t)	Pb (%)	Zn (%)	Width m
Proven	Animas	981,100	99	73	0.27	1.26	2.33	4.73
	Animas NE	270,700	161	110	0.32	3.04	3.06	6.96
	Santa Catalina	3,400	129	116	1.25	1.19	1.19	2.67
	Soledad	55,600	171	214	1.03	0.60	0.57	1.41
	Silvia	7,300	94	78	0.38	1.34	1.39	3.69
	Bateas	21,900	413	628	0.04	0.38	0.38	1.37
	La Plata	4,200	662	993	1.50	0.00	0.00	1.74
	Total	1,344,200	121	98	0.32	1.57	2.35	4.97
Probable	Animas	1,546,200	101	82	0.30	1.07	2.22	5.08
	Animas NE	834,800	131	85	0.25	2.63	2.58	6.20
	Santa Catalina	27,500	101	93	0.71	1.05	1.06	2.11
	Soledad	100,600	155	172	0.86	1.05	1.11	1.38
	Silvia	33,700	88	68	0.61	1.20	1.26	3.97
	Bateas	97,500	316	477	0.08	0.34	0.31	1.36
	Cimoi de La Plata	67,500	284	389	1.98	0.01	0.01	1.89
	La Plata	27,500	584	884	0.97	0.09	0.00	1.54
	Paralela	41,700	211	327	0.04	0.03	0.05	1.68
	San Carlos	10,600	192	297	0.02	0.02	0.07	1.16
	San Cristóbal	424,600	195	300	0.11	0.03	0.04	2.38
	San Pedro	85,100	276	398	1.21	0.00	0.00	1.80
	Total	3,297,400	143	150	0.34	1.23	1.76	4.52
Total Proven + Probable Reserves	4,641,600	137	135	0.33	1.33	1.93	4.65	

Fuente: Reporte Técnico NI 43-101 Minera Bateas, Mayo 2012

TABLA 2: Inventario de reservas probadas y probables al 31 de Dic. Del 2011

Category	Vein	Tonnes	NSR (US\$/t)	Ag (g/t)	Au (g/t)	Pb (%)	Zn (%)	Width m
Measured	Animas	424,400	97	90	0.27	0.91	1.68	3.65
	Animas NE	101,700	166	137	0.46	2.48	2.55	3.72
	Santa Catalina	15,100	89	81	0.43	1.04	1.06	1.68
	Soledad	9,700	91	86	1.01	0.65	0.69	0.86
	Silvia	3,800	76	63	0.25	1.11	1.12	1.53
	Bateas	18,800	96	136	0.07	0.29	0.29	0.78
	La Plata	400	76	117	0.05	0	0	0.65
	Total	573,900	109	100	0.31	1.17	1.75	3.45
Indicated	Animas	1,167,300	123	148	0.3	0.61	1.14	3.16
	Animas NE	294,500	183	155	0.58	2.64	2.67	3.17
	Santa Catalina	60,300	67	63	0.28	0.78	0.77	1.64
	Soledad	23,100	103	107	0.85	0.61	0.78	0.73
	Silvia	15,700	72	53	0.76	0.9	0.89	1.65
	Bateas	43,700	103	147	0.06	0.3	0.3	0.77
	Cimoide La Plata	3,900	57	86	0.11	0	0	0.95
	La Plata	3,800	64	99	0.03	0	0	0.75
	Paralela	100	210	327	0	0	0	0.40
	San Carlos	13,100	140	219	0.01	0	0	0.51
	San Cristóbal	56,100	47	72	0.01	0.01	0.01	1.86
	San Pedro	2,300	95	148	0	0	0	1.01
	Total	1,684,000	128	131	0.30	0.74	1.11	2.92
Total Measured + Indicated Resources		2,257,900	113	123	0.30	0.85	1.28	3.06
Inferred	Animas	1,544,000	94	75	0.21	1.09	2.10	0.07
	Animas NE	792,000	83	58	0.16	1.54	1.53	0.06
	Santa Catalina	54,000	61	55	0.28	0.75	0.75	0.17
	Soledad	115,000	199	269	0.82	0.39	0.50	0.12
	Silvia	78,000	85	64	0.94	1.03	0.86	0.28
	Bateas	111,000	184	271	0.09	0.33	0.34	0.17
	Bateas Techo	33,000	170	261	0.09	0.06	0.09	0.07
	Cimoide La Plata	185,000	160	205	1.51	0.04	0.11	0.02
	La Plata	181,000	174	239	0.92	0.08	0.37	0.04
	Paralela	19,000	235	330	0.05	0.73	0.96	0.15
	Ramal Paralela	5,000	1,123	1,595	0.45	2.16	5.01	0.63
	San Carlos	13,000	142	216	0.01	0.07	0.23	0.01
	San Cristóbal	43,000	121	166	0.08	0.54	0.38	0.38
	San Pedro	17,000	382	533	0.19	0.93	1.89	0.20
	Pilar	36,000	148	175	1.35	0.47	0.40	0.06
Patricia	32,000	129	171	0.58	0.28	0.43	0.05	
Total Inferred Resources		3,258,000	112	112	0.36	0.99	1.50	0.08

Fuente: Reporte Técnico NI 43-101 Minera Bateas, Mayo 2012

TABLA 3: Inventario de recursos geológicos al 31 Dic. del 2011

2.2. CONCEPTOS TEORICOS

2.2.1. Leyes de Kirchof

Las leyes de Kirchof se basan en la conservación de la energía y la carga en los circuitos eléctricos. Fueron descritas por primera vez en 1845 por Gustav Kirchof.

2.2.2. Primera Ley de Kirchof

Esta ley también es llamada ley de continuidad de masa en los nudos, nos dice que: En cualquier nodo de la red, la suma de los caudales que ingresan a un nudo es igual a la suma de los caudales que salen, en otras palabras la suma algebraica de los caudales que ingresan y salen es igual a cero.

2.2.3. Segunda Ley de Kirchof

Esta ley es llamada también ley de conservación de la energía en los circuitos.

Esta ley nos dice que: la suma de todas las pérdidas de energía en los tramos que conforman un anillo cerrado es igual a cero.

2.2.4. Algoritmo de Hardy Cross

Hardy Cross, 1885-1959, ingeniero de estructuras, creador del método de Hardy Cross la cual es el soporte de las herramientas de cálculo en diseños de circuitos de ventilación, a su vez este algoritmo se fundamenta por las leyes de Kirchof (primera y segunda ley).

Basándose en la función $P = RQ^n$, se determina los valores de Q y P.

$$Q = Q_a + \Delta Q$$

$$P = P_a + \Delta P$$

Donde

Q_a = caudal asumido

P_a = presión asumida

ΔQ = error de corrección de caudal

ΔP = error de corrección de la presión

El método busca minimizar el error cometido al asumir una variable, para el cálculo de este error de corrección, Hardy Cross determina el siguiente algoritmo

$$q_j = \frac{\sum \alpha_i R_i Q_i |Q_i|}{2 \sum R_i |Q_i|}$$

Para el cálculo de número de mallas (m) nos basamos en la siguiente relación:

$$m = (\text{N}^\circ \text{ de ramales} - \text{N}^\circ \text{ de nudos} + 1)$$

2.3. FUNDAMENTOS DE VENTILACIÓN EN MINAS SUBTERRÁNEAS

2.3.1. AIRE DE MINA

Es una mezcla de gases y vapor, en su gran mayoría con partículas en suspensión ocupando el espacio desarrollado en las actividades mineras subterráneas.

2.3.2. DENSIDAD DE AIRE

Para el cálculo de la densidad del aire en interior mina, se ha tomado la fórmula de Raja N. Ramani, el cual indica que:

$$w = \frac{1.327}{(460 + t_d)} (B - 0.378f)$$

Dónde:

w= densidad

B= presión barométrica

f = presión de vapor de aire

2.3.3. DIFERENCIA DE PRESIÓN DE AIRE

La diferencia de presión de aire genera el movimiento de volumen de aire en un circuito. Se puede determinar de la siguiente manera:

$$H_{T_1} = H_{T_2} + H_{\ell_{1-2}}$$

HT1 y HT2 es la presión total en el punto 1 y 2.

HT1-2 es la pérdida de presión entre el punto 1 y 2.

2.3.4. RESISTENCIA DE FLUJO DE AIRE

Según Raja V, Romani, lo define como la pérdida por fuerzas opuestas a la dirección de los fluidos, como rugosidades, por viscosidad y fricción en superficie.

2.3.5. PERDIDA POR FRICCIÓN

En 1850 el Ing. de minas John Atkinson, establece que la diferencia de presión requerida para inducir un flujo de aire a través de una galería de mina, es proporcional al cuadrado de la velocidad por la longitud del perímetro e inverso al área de la misma.

Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$H_f = \frac{KLOV^2}{A}$$

Dónde:

H_f: pérdida de presión expresadas en pulg. de H₂O

L: longitud total (Longitud real + longitud equivalente)

O: perímetro

A: sección

K: Factor de fricción

V: velocidad de partícula.

La pérdida de energía que se genera en interior de la mina se debe a dos causas principales:

- Fricción que se genera en el contacto entre el aire y las paredes de las excavaciones.
- Impacto de aire, contra elementos u objetos presentes en interior de la mina.

2.3.6. POTENCIA DE ENERGÍA

La pérdida total es la suma de las pérdidas por choque y pérdidas por fricción en el flujo de aire entre dos puntos, para su estimación podemos aplicar la siguiente ecuación:

$$H_L = H_f + H_x = \frac{K(L + L_e) OV^2}{A}$$

Donde:

HL=perdida de presión total

Hf= perdida de presión por fricción

Hx= perdida de presión por choque

K= Factor de fricción

L= longitud

Le= longitud equivalente

O= perímetro

V2= velocidad

A= sección

Estas pérdidas por fricción y choque incrementan la resistencia del sistema de aire por tal razón incrementa el consumo de energía

2.3.7. REGULADORES

Denominamos reguladores en sistemas de ventilación aquellos elementos que permiten controlar el movimiento de volumen de aire a través de las diferentes labores mineras. Estos reguladores pueden estar compuestos por elementos rígidos y flexibles accionados en forma manual u electromecánica a través de medios automatizados que la tecnología ofrece en el mercado.

Entre Reguladores comunes tenemos:

- Ventanas de ventilación
- Cortinas
- Puertas
- Puertas

2.3.8. FLUJO DE AIRE

El principio fundamental para la generación de flujo en un circuito es la variación de presión entre dos puntos a los cuales es denominado entrada y salida.

La diferencia de presión deseada tiene su fuente por la presencia de gradiente térmica o sea agentes mecánicos.

2.3.9. FLUJO DE AIRE EN PARALELO

Considerando la teórica de circuitos en paralelo, el flujo en paralelo cumple con el mismo principio, cuyo caudal total es la suma de todos los caudales que convergen al mismo punto, con una diferencia de presión es igual.

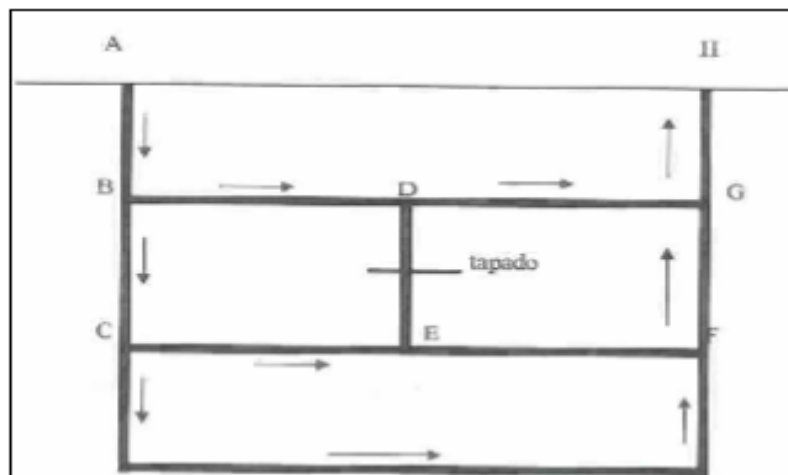
Para su cálculo estimado se aplica las siguientes ecuaciones:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_N$$
$$H_L = H_1 = H_2 = H_3 = \dots = H_N$$
$$\frac{1}{\sqrt{R}} = \frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \frac{1}{\sqrt{R_3}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{R_N}}$$

Dónde: Q= caudal en ft³/m

H= perdida de presión en in. water

R= resistencia in. -min²/ft⁶



Fuente: Howard L. Hartman 1992

FIGURA 8: Esquema de ventilación en paralelo

2.3.10. FLUJO DE AIRE EN SERIE

El comportamiento de ventilación en serie está basado en el paso del mismo caudal de aire a través de diversos puntos, cuyas pérdidas se van incrementando por la mayor resistencia que este va adquiriendo en toda la longitud del sistema.

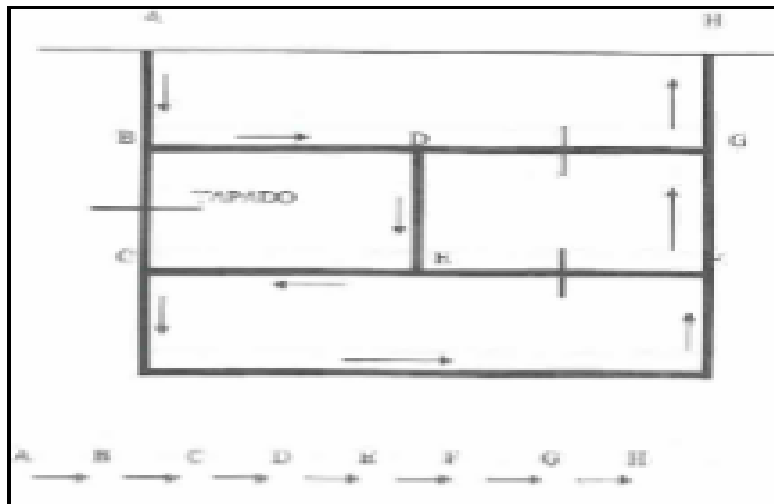
$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = \dots = Q_N$$
$$H_L = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + \dots + H_N$$
$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N$$

Donde:

Q= caudal en ft³/m

H= pérdida de presión en in. water

R= resistencia in. -min²/ft⁶



Fuente: Howard L. Hartman 1992

FIGURA 9: Esquema de ventilación en serie

2.3.11. VENTILACIÓN NATURAL

Para la generación de flujo de aire a través de la mina es necesario que exista una fuente de energía natural capaz de lograr este efecto en la gradiente térmica que existe entre los diferentes puntos del circuito de ventilación, cuya existencia se puede comprobar fácilmente midiendo la temperatura en diferentes lugares de la mina, observando que el aire fluya de

áreas donde la temperatura es mayor hacia las áreas de menor energía.

Para que se produzca un flujo de aire natural en la misma, será necesario que exista una diferencia de temperatura entre las labores subterráneas y la superficie.

2.3.12. VENTILACIÓN MECÁNICA

La ventilación mecánica es aquel generado por equipos electro mecánicos las cuales se usan para incrementar el caudal y vencer las resistencias presentes en interior mina. En minera Bateas se utilizan ventiladores tipo axial en todos sus puntos de operación.

2.3.13. VENTILADORES AXIALES

Son turbo maquinas que transmiten energía para generar la presión necesaria con la que mantener un flujo continuo de aire. En el ventilador del flujo axial, el aire ingresa a lo largo del eje del rotor y luego de pasar a través de las aletas del impulsor o hélice, es descargado en dirección axial.

2.3.14. APLICACIÓN DE VARIADORES DE VELOCIDAD

De acuerdo a las leyes de proporcionalidad de los variadores de velocidad, el caudal se controla variando la velocidad de rotación del motor, al reducir la velocidad sólo un 20% respecto a la velocidad nominal, el caudal también se reduce en un 20%, esto se debe a que el caudal es directamente proporcional a las rpm, sin embargo el consumo eléctrico se reduce en un 50%. Si el sistema en cuestión sólo tiene que suministrar un caudal correspondiente al 100% durante unos días al año, mientras que el promedio es inferior al 80% del caudal nominal para el resto del año, el ahorro de energía es incluso superior al 50%.

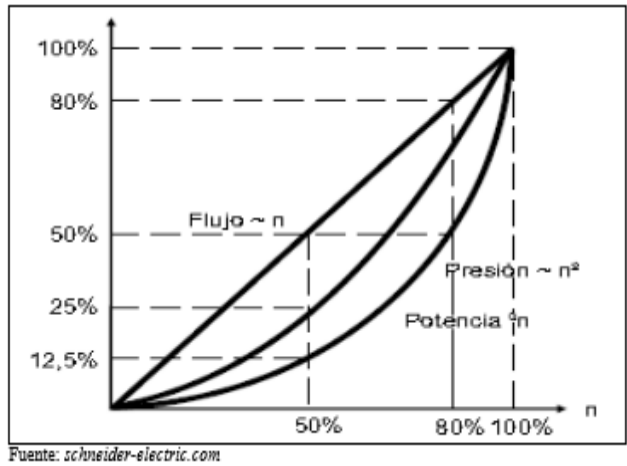


FIGURA 10: Variación de la velocidad vs el caudal de aire

Fuente: schneider-electric.com

2.3.15. REDUCCIÓN DE COSTO VARIADOR DE VELOCIDAD

Un variador de velocidad puede reducir el consumo de energía hasta un 50%.

Una reducción en la velocidad pequeña, puede representar ahorros significativos.

En la figura 11 se explica en forma gráfica el comportamiento de la potencia por reducción de la velocidad.

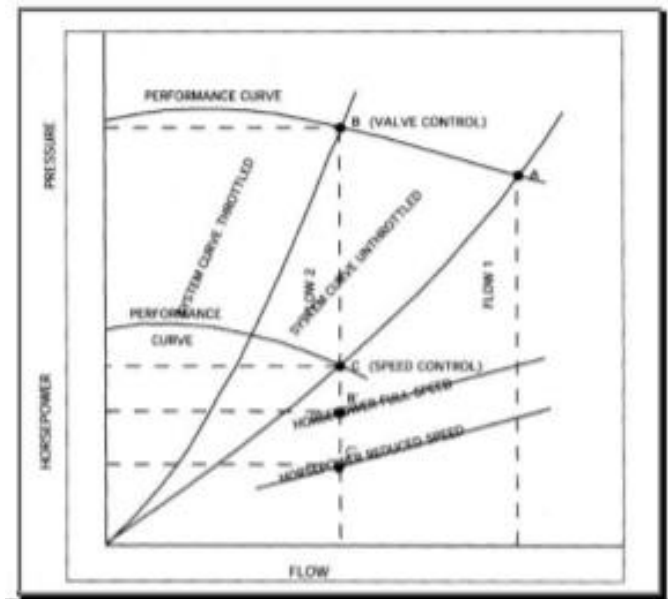


FIGURA 11: Potencia de ventilador: velocidad variable vs control por válvula

Fuente: schneider-electric.com

2.3.16. TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN

Según lo revisado en varias definiciones podemos decir que: "Es el conjunto de procesos y productos derivados de las nuevas herramientas (hardware y software), soportes de la información y canales de comunicación relacionados con el almacenamiento, procesamiento y transmisión de la información" (González Gisbert).

2.3.17. APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN EN VENTILACIÓN DE MINAS EN EL COMPLEJO MINERO DE NEVADA BARRICK GOLDSTRIKE – USA

La unidad minera se encuentra ubicada en el estado de Nevada de los Estados Unidos; las operaciones mineras están compuestas por minería a cielo abierto y subterráneo.

La mina subterránea está compuesta por las zonas de Griffin y Rodeo, estas zonas cuentan con una infraestructura en ventilación por 944 m³/s (2`000,000cfm).

Los cambios del sistema de ventilación producto de las actividades subterráneas, son apoyados con programas, instrumentación y áreas automatizadas los cuales son el soporte de las tecnologías de información aplicada, implementada para un adecuado seguimiento y control que conlleve a toma de decisiones. Todos los ventiladores principales y auxiliares instalados en interior mina son monitoreados desde una oficina de computo.

La zona de rodeo inicio su producción en el 2002 obteniendo una producción de 3000tpd en dos años después de su inicio. Griffin tiene una producción de minera de 1000tpd. Ambas zonas generan un total de producción de mineral de 4000tpd, la cual representa el 100% de producción de la unidad de Goldstrike de Barrick.



Fuente: www.barrick.com/operations/north-america/goldstrike

FIGURA 12: Layout general de la unidad minera
Goldstrike USA - Nevada

El programa de monitoreo en tiempo real, permite un adecuado seguimiento y control al comportamiento del flujo de ventilación en todas las áreas operativas, además la instalación de estaciones de monitoreo en puntos estratégicos permiten brindar información en tiempo real del comportamiento del sistema, permitiendo regular el comportamiento del flujo de aire

en las áreas operativas manteniendo los parámetros de control según el rango establecido.



Fuente: www.barrick.com/operations/north-america/goldstrike

FIGURA 13: Monitoreo de ventiladores principales

2.3.18. Aplicación de tecnologías de información en ventilación de minas de la unidad minera el teniente de Codelco - Chile

La unidad minera el Teniente actualmente tiene una producción de 131,000 tpd, el método de explotación es subterráneo aplicando sistemas masivos de explotación como Block Caving. El volumen de producción de la mina genera un alto uso de equipos y personal distribuido en diferentes zonas, para esto la empresa aplica tecnología como parte de su medida de seguimiento y control a los procesos operativos. Un principal punto de inversión en sistemas información es la aplicada en gestionar los sistemas de ventilación de la mina, como medidas de control operativo y en seguridad industrial, salud ocupacional y control de costos por su la alta capacidad instalada en potencia de energía.

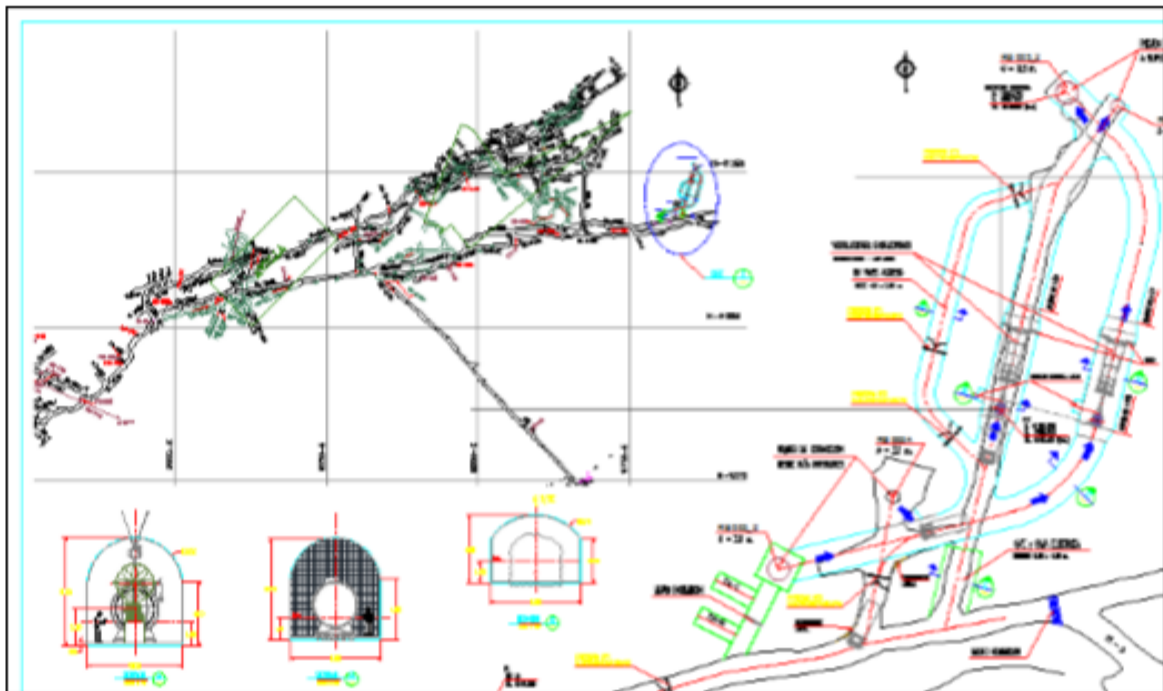
La mina actualmente cuenta con 25 ventiladores de 1'000,000cfm ubicados en diferentes puntos de extracción en interior mina para luego direccionar los gases por túneles independientes llamados Adits.

2.3.19. Aplicación de tecnologías de información en ventilación de minas de la unidad económica de Yauli, Volcan Cía. Minera - Perú

La UEA Yauli, está conformado por tres Unidades Operativas, Carahuacra, San Cristóbal, Andaychagua y Ticlio. La unidad de San Cristóbal tiene una producción de mineral de 4500tpd. El método de explotación utilizado es el de Taladros Largos (Sub level stopping) y el de corte y relleno ascendente. En el año 2007 y 2008 se implementó un proyecto en mejora del sistema de ventilación, la cual hoy día permite cubrir su demanda actual superior a 2`000,000cfm. El sistema de ventilación actual cuenta con el equipamiento de alta tecnología la cual permite cambios inmediatos acordes a las variaciones de contaminantes presentes en las labores.

El principal demandante de aire fresco se enfoca para una adecuada combustión y evacuación de gases principalmente el monóxido de carbono CO producido por el uso de equipo diésel en las diferentes zonas de la mina subterránea.

La mina cuenta con un sistema de ventilación principal compuesto por dos (02) ventiladores extractores de 400,000cfm entre otros de 110,000cfm y dos ventiladores impelentes de 300,000 cfm ubicados en el Nv 580.



Fuente: Ingeniería de detalle sistema de ventilación principal Mina San Cristóbal 2006 –UEZ Yauli

FIGURA 14: Ubicación de ventiladores principales de extracción de 400,000cfm Mina San Cristóbal – UEA Yauli- Volcan Cia Minera

CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

En este capítulo se explica detalladamente los procesos, términos y herramientas que se usará en el proceso de investigación, para explicar la interrogante del estudio y plantear la propuesta.

Si bien el propósito de la investigación es, diagnosticar, analizar la problemática actual, análisis de alternativas para finalmente plantear una propuesta que permita contar con un sistema de ventilación a largo plazo, considerando un ahorro significativo de energía aplicando tecnología de información que otorgue datos en tiempo real, para un accionamiento oportuno.

Nuestra investigación busca plantear una propuesta técnica la cual responda a las necesidades futuras de las operaciones de la mina animas en la Unidad Caylloma de Minera Bateas, para ello se ha desarrollado un marco conceptual que permita dar el soporte a los algoritmos utilizados en el presente estudio.

Desde esta óptica, se puede entender, la importancia de implantar la aplicación de tecnologías de información en el control operativo de los sistemas de ventilación en las actividades de mina.

3.1. PROCESAMIENTO METODOLÓGICO

El proceso metodológico está compuesto por dos (02) fases complementarias, que permitirá determinar un modelo adecuado de sistema de ventilación de la mina Ánimas, conllevando a la determinación de una propuesta final.

3.1.1. FASE EXPLORATORIA

En esta fase se considera la revisión general de los papers externos e internos los cuales enmarcan el estudio.

a) Marco Normativo Nacional del Perú Constitución política del Perú (1993) Art. 7º, 9º y 59º.- Derecho de todos a la protección de la salud, el medio familiar y de la comunidad; hay elementos para obligar al Estado, empleadores y trabajadores para prevenir y resolver los problemas.

Ley general de salud.- “Cap.VII sobre Higiene y Seguridad en los ambientes de trabajo”.

Decreto Supremo D.S. 024-2016-EM, Reglamento de Seguridad e Higiene Minera, Artículo 236º.

3.1.2. FASE CUANTITATIVA

En esta etapa se determinan los parámetros reales del sistema de ventilación en la mina subterránea, después de un proceso de toma de información de campo, lo cual permitió tomar como base para el proceso de diagnóstico y análisis en el desarrollo del presente documento. Posteriormente se desarrollará un planeamiento a largo plazo de acuerdo a las reservas y recursos minerales para determinar escalas de producción futuras con el objetivo de dimensionar los ductos de extracción y equipamiento necesario.

Posteriormente se determinan escenarios de producción y requerimientos estimados de la ventilación para su análisis en Ventsim.

Tomando la mejor opción de diseño se considerara la implementación de tecnología para sustentar menores consumos de energía apoyados con el uso de tecnologías de información para un adecuado seguimiento y control del diseño desarrollado. Estos finalmente conllevaran a la determinación de costos de capital e inversión y otorgaran beneficios lo cual serán evaluados mediante la metodología de análisis de inversiones del VANE (valor actual neto económico) determinando la generación de valor del diseño propuesto.

3.2. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN ACTUAL DE LA MINA ANIMAS DE LA UNIDAD CAYLLOMA DE MINERA BATEAS

3.2.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE VENTILACIÓN

Según el levantamiento realizado y las simulaciones realizadas en gran parte del circuito de ventilación de la Veta Animas la velocidad del aire se encuentra sobre el mínimo requerido en el Reglamento de Seguridad e Higiene Minera el cual es del 20m/min o 0.3m/s podemos apreciar dicha distribución de velocidades

Según el levantamiento de caudales y presiones del sistema de ventilación los ventiladores se encuentran operando según los parámetros obtenidos

	Tipo	Caudal (KCFM)	Pres. Estát. ("H ₂ O)	Potencia (HP)	Eficiencia (%)	\$ / año
Ventilador 5 1/2	Extractor	102.5	5.6	136.8	78.7	54439
Ventilador 7	Extractor	109.5	5.1	141.9	78.8	55605

TABLA 4: Parametros operativos de ventiladores principales actuales en la mina Animas

Elaboración Propia Fuente: Informe de monitoreo Unidad Caylloma 2011.

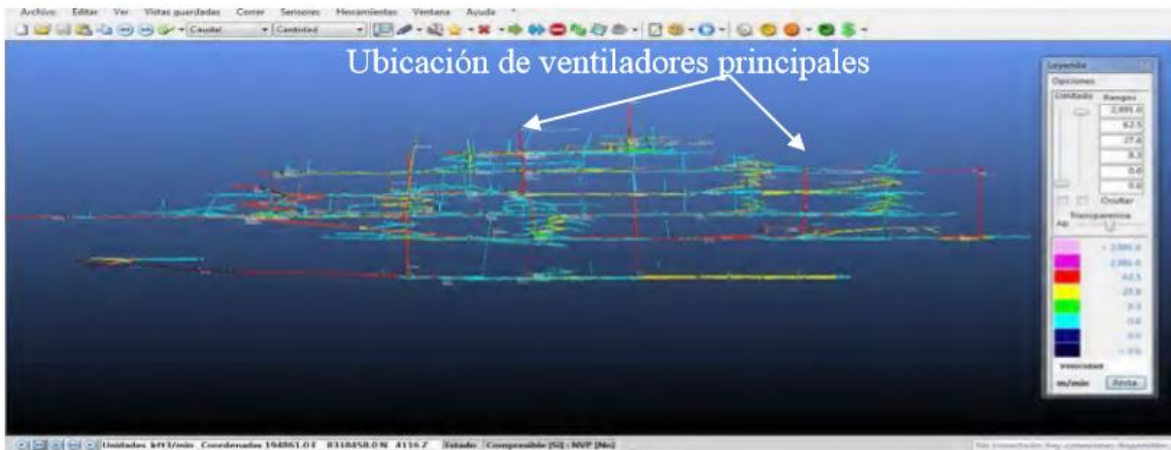


FIGURA 15: Vista Longitudinal del sistema de ventilación de la mina animas

Elaboracion propia

Fuente; informe de levantamiento y monitoreo del dpto de seguridad industrial de la Unidad Caylloma 2011, Informes de ventilacion de minas 2011 Minera Bateas

3.2.2. VENTILACIÓN PRINCIPAL

La ventilación principal de la mina consta de 03 chimeneas principales elaborados con equipo Alimak de una sección de 3.0m x 3.0m ubicados en zonas estratégicas de operación, antes se contaba con chimeneas convencionales de 1.5m x 1.5m en donde se apreció una alta resistencia de aire en estos ductos.



FIGURA 16: Parámetros de operación de ventilador principal Nv 5 ½ Animas

Elaboracion propia

Fuente: Informes de ventilacion de minas 2011 Minera Bateas

Como parte del equipamiento se adquirieron 03 ventiladores axiales los cuales 02 son de 100,000cfm y el tercero es de 60,000cfm; a esto se sumó 01 ventilador de 60,000cfm lo cual trabaja como ventilador principal anteriormente.

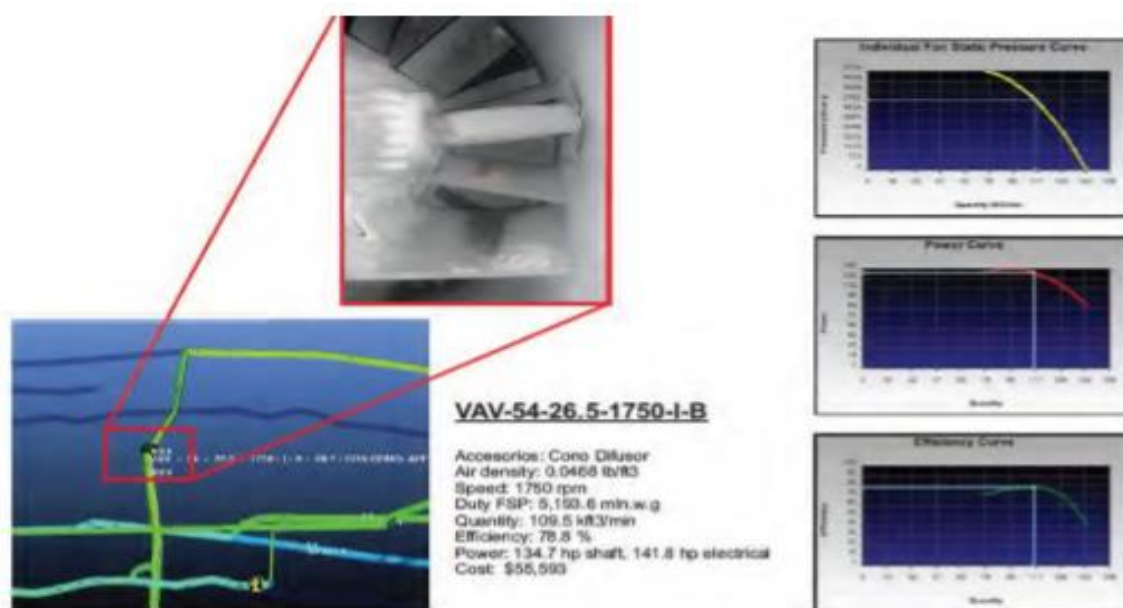


FIGURA 17: Parámetros de operación de ventilador principal Nv 07 Animas NE

Elaboracion propia

Fuente: Informes de ventilacion de minas 2011 Minera Bateas

3.2.3. VENTILACIÓN AUXILIAR

La ventilación auxiliar es mecánica a través de ventiladores de 30,000cfm; 20,000cfm y 10,000cfm dependiendo de las labores a ventilar.

Todos los ventiladores auxiliares son impelentes cuyo flujo de ventilación son conducidos atreves de mangas de vinilona y rafia.

El sistema de extracción es a través de winces de ventilación, chimeneas de 1.5m x 1.5m ejecutados desde las labores de producción a los niveles superiores conectados al circuito de ventilación principal de la mina.

3.3. ACTIVIDADES DESARROLLADAS PARA EL DIAGNOSTICO

3.3.1. LEVANTAMIENTO DE LA VENTILACIÓN

Se procedió al levantamiento de la ventilación de todas las labores en interior de la mina Ánimas, obteniéndose lo siguiente.

NIVEL	ESTACION	LABOR	HORA	ANCHO (m)	ALTURA (m)	BULBO HUMEDO (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA (°T)	VELOCIDAD (m/min)	CAUDAL (dm)
6	6000	Bp 386 cerca a Boca Mina	11:30 p.m.	4.74	3.90	1.70	87.00	2.90	86	50,414
		GA 386 Entre V1 y Ve 386	12:00 p.m.	2.55	2.63	2.80	85.00	4.30	44	9,465
		Rp 402	02:49 p.m.	3.30	3.00	3.10	85.70	4.20	53	16,615
		Ch 407 Segundo dedo	03:10 p.m.	3.62	2.95	7.40	96.40	7.80	65	21,995
7	7000	Boca Mina Ga Cuadros Rp 385	12:30 p.m.	2.55	2.50	3.00	88.00	4.00	74	15,076
		Bp 386, XC 386	02:20 p.m.	4.15	3.99	3.10	87.00	4.30	53	27,789
		Bp 360, XC 363	10:03 a.m.	4.00	3.02	5.50	89.40	6.50	186	71,417
10	10000	Bp 360, A la altura Tj 360	10:25 a.m.	3.50	3.45	6.80	88.60	8.00	103	39,378
		Bp 430	11:14 a.m.	3.20	3.05	4.50	87.70	5.70	87	26,989
		Rp 427, Curva a 20 m	11:45 p.m.	3.30	3.50	7.20	91.00	8.10	35	12,776
		VE 363, Wince	12:00 p.m.	3.80	3.15	(en blanco)	(en blanco)	(en blanco)	50	18,947
		Bp 431 W	12:20 p.m.	3.00	3.07	8.20	95.30	8.60	91	26,522
		Bp 431 E	12:40 p.m.	3.20	3.04	7.70	92.00	8.50	54	16,697
		Bp 360 W	05:30 p.m.	3.52	2.74	5.30	93.20	6.20	0	-
		Rb 422	03:30 p.m.	3.40	2.95	11.30	87.10	12.80	53	16,833
12	12000	Rp 512 Rb 402	04:00 p.m.	3.10	3.00	9.70	88.00	11.00	64	18,859
		Cor 280 Altura Alimak	04:35 p.m.	4.46	3.75	8.90	91.00	9.80	78	41,465
		Boca Mina Cor 280	05:00 p.m.	4.00	3.99	3.50	89.00	4.30	145	73,658

TABLA 5: Resultados de levantamiento de ventilación de la mina Ánimas

Elaboración propia

Fuente: Informes de ventilación de minas 2011 Minera Bateas

3.3.2. MONITOREO DE VENTILACIÓN

En la tabla 8, se muestra parte de los resultados de monitoreo realizado en la mina Animas.

NO.	UBIC.	HORA	DISTRIBUCION	CO ₂ (%)	H ₂ S (ppm)	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	CO ₂ (ppm)
1	5N 375	9:47 am	Reparar la per. fuga de aire	20.8	0	0.02	0	56
	5D 362	9:35 am	Tajo luego conectar al siguiente tajo	20.8	0	0.06	0	107
	5D 402	10:08 am	Tajo luego de caudal	20.8	0	0.06	0	20
	5D 366 W	9:40 am	Tajo luego conectar al otro tajo	20.8	0	0.09	0	40
	5D 402 W	10:05 am	Tajo con un solo acceso de caudal	20.8	0	0.08	0	1
2	5D 422 N	11:40 am	Presencia de humo	20.3	0	1.11	0	16
3	5D 422	1:45 pm	Puerta abierta, se esta reparando la puerta de cada	20.3	0	0.21	0.6	46
	5D 422 E	1:47 pm	Falta sensor	20.1	0	0.27	0	46
	5D 426 W	2:00 pm	Con scoop trabajando	20.2	0	0.19	1.4	60
	5D 426 W	2:00 pm	(en blanco)	20.4	0	0.12	0	0
	5D 427 W	2:10 pm	Con scoop trabajando	20.3	0	0.12	0	13
	5D 427 W	05:20:00 pm	Trabajando scoop	20.8	0	0.17	1.3	36
		05:40:00 pm	Labor luego falta caudal	20.8	0	0	0	105
		06:20:00 pm	Esta comunicado hay circuito	20.8	0	0.04	0	0
		05:40:00 pm	Tajo luego aumentar rango hasta el tajo	20.8	0	0.03	0	0
		04:50:00 pm	Tajo en desuso	20.8	0	0.06	0	0
	5D 428 W	05:21:00 am	Comunicado con la VC 423 hay circuito	20.8	0	0	0	17
	5D 428 E	05:25:00 am	Paso de jumbo	20.8	0	0.01	0	60
	5D 425	05:30:00 am	acumulación de humo falta limpiar la caudal de al sensor	20.8	0	0.12	0	102
	5D 425 E	05:40:00 am	acumulación de humo falta limpiar la caudal de al sensor	20.3	0	0.15	0.5	30
	5D 425 E	04:40:00 pm	Tajo luego se ventilado hasta la Ch 405	20.8	0	0.05	0.9	0
		05:30:00 pm	(en blanco)	20.8	0	0	0	0
		05:30:00 pm	Ventilador por sensor 404 y caudal	20.8	0	0.03	0	0
	5D 422	05:00:00 pm	Scoop trabajando falta aumentar rango al 5N 422 W	20.8	0	0.1	0	202
	5D 422 E	05:11:00 pm	Falta aumentar rango	20.8	0	1.04	0	30
	5D 422 E	05:20:00 pm	(en blanco)	20.8	0	0.04	0	0
	5D 422 E	04:30:00 pm	(en blanco)	20.8	0	0.04	0	0
	5D 427	05:20:00 pm	Se ventilador por comunicación a la Ch 405	20.8	0	0.02	0	0
		04:20:00 pm	(en blanco)	20.8	0	0.01	0	0
	5D 425 E	04:30:00 pm	Con dos scoop para respaldar de soldar conectar 5D 425 y instalar extracción	20.8	0	0.11	0.6	0
	5D 425	04:25:00 pm	Se ventilador por el otro	20.8	0	0.1	1.7	0
	5D 425 W	05:00:00 pm	(en blanco)	20.8	0	0.01	0	0
	5D 424	05:00:00 pm	Ventilador por el sensor 300	20.8	0	0	0	0
	5D 425 por VC 425	05:20:00 pm	Ventilador por el sensor 402 a menor la temperatura de trabajo de el paso	20.8	0	0	0	0
12	5D 425 por VC	04:40:00 pm	No hay rango de ventilación	20.8	0	0.04	0	0
	5D 424	04:20:00 pm	Cambio y conexión	20.8	0	0	0	0
	5D 422	05:00:00 pm	Ventilador y Marga	20.8	0	0.05	0	0
	5D 424	05:00:00 pm	Cambio y ventilador trabajando	20.8	0	0.05	1.2	0
		05:20:00 pm	Labor luego trabajando un scoop con rango	20.8	0	0	1.3	0
	5D 425	05:20:00 pm	5D 425 luego de caudal instalar ventilador y rango para se ventilar con aire comprimido	20.8	0	0.04	0	0
	5D 425	05:30:00 pm	5D 425 luego de Wyllier al 1 por el cual se esta ventilando	20.8	0	0	1.2	0
	5D 424	05:40:00 pm	Cambiar la fr. de 20', reparar el escape y de mantenimiento a los rangos	20.8	0	0	1.3	0
	5D 425	06:00:00 pm	Labor luego ventilador caudal de la VC 425	20.8	0	0	1.3	0

TABLA 6: Resultados de monitoreo del sistema de ventilación de la mina Animas
Elaboración propia Fuente: Informes de ventilación de minas 2011 Minera Bateas

3.3.3. DEMANDA DE AIRE

Para el cálculo de la demanda de aire producto de las operaciones mineras en la Mina Animas, se utilizó como parámetros la normativa actual vigente DS 055- 2010 EM Artículo 236° con el fin de estimar las cantidades de aire requeridas.

Este requerimiento de aire está dado por los siguientes:

Requerimiento de aire para personal en general x turno

Requerimiento de aire para la cantidad total en HP de los equipos a combustión diésel.

Requerimiento de aire para dilución y evacuación de gases de voladura.

Para el cálculo se desarrollara el siguiente procedimiento:

Personas x 6 m³/min x 35.3 ft³/m³ = Q1 cfm
HP de total de equipos x 3 m³ / min x hp x 35.3 ft³/m³ = Q2 cfm

Total Requerimiento de ventilación = Q1 + Q2

Para el cálculo de dilución de gases utilizaremos el siguiente algoritmo.

$$Q3 = (100 \times A \times a) / (d \times t)$$

Donde

A = Kg de explosivos por voladura (Kg)

a = gases generados por Kg de explosivo (m³/kg)

d = dilución de gases (ppm)

t = tiempo de dilución de gases (minutos)

La demanda de ventilación en la actividad minera subterránea corresponde principalmente al requerimiento del personal y uso de equipos; no se considera en el cálculo la ventilación lo requerido para evacuación de gases por ser estos en cambio de turno (cada 12 horas).

Requerimiento de aire para personal

En la tabla 9 se muestra el requerimiento de aire por personal.

EMPRESAS	Nº	m3/min	m3/min
CIA	26	6	158
CIS	26	6	158
CONTMIN	20	6	120
TOPACIO	10	6	60
TUMI	6	6	36
TOTAL	88	6	528

Fuente: Informe de ventilación Minera Bateas 2011

TABLA 7: Requerimiento de ventilación por personal que labora en la mina animas por turno

Requerimiento de aire para HP equipos

En la tabla 10, se muestra el requerimiento de aire por HP de equipos diésel.

Nº	Equipos	Hp	m3/min	F.S.	m3/min
1	JUMBO AXERA	260	3	0.5	390
1	JUMBO QUASAR	160	3	0.5	240
1	SCOOP ST 2G	150	3	0.8	360
1	SCOOP ST 2G	85	3	0.8	204
1	SCOOP WAGNER 3.5	135	3	0.8	324
1	SCOOP JARVIS 3.5	160	3	0.8	384
1	SCOOP ATLAS				
1	COPCO ST 710	200	3	0.8	480
1	SCOOP WAGNER 2.2	160	3	0.8	384
6	VOLQUETES VOLVO	350	3	0.8	5040
3	CAMIONES	125	3	0.7	787.5
4	CAMONETAS	75	3	0.6	540
21		1860	3		9134

Fuente: Informe de ventilación Minera Bateas 2011

TABLA 8: Requerimiento de ventilación por equipo

Requerimiento total (personal + equipos) = $(528 + 9134) * 35.31 = 341,212$ cfm



FIGURA 18: Distribución de requerimiento de ventilación en la mina animas

Elaboración Propia Fuente: Informe de ventilación Minera Bateas 2011

Requerimiento de aire para dilución de gases

A continuación se desarrolla el cálculo de estimación de necesidad de dilución de gases.

Tajeos (explotación)

$$Q3 = (100 \times A \times a) / (d \times t)$$

A= producción x factor de carga

Producción actual = 1080 t/d

Factor de carga= 0.7 kg/t

- $A = 1080 \text{ t} \times 0.7 \text{ kg/t} / 2\text{disp/día} = 378 \text{ kg}$

$$a = 0.88 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$d = 0.3$$

t = 30 minutos

- $Q3 = 100 \times 378 \times 0.88 / (0.3 \times 30) \times 35.3 = 130,468 \text{ cfm}$

Avances lineales (exploración, desarrollo y preparación)

$$Q3 = (100 \times A \times a) / (d \times t)$$

A= volumen avance x factor de carga Avance programado x día = 33 m

- Avance = 297m³

Factor de potencia= 2.2 kg/m³

- $A = 297\text{m}^3 \times 2.2 \text{ kg/m}^3 / 2\text{disp/día} = 326.5 \text{ kg}$

$$a = 0.88 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$d = 0.3$$

t = 30 minutos

- $Q3 = 100 \times 326.5 \times 0.88 / (0.3 \times 30) \times 35.3 = 112,693 \text{ cfm}$

Requerimiento total para dilución de gases

$$Q3 = Q_{\text{tajeos}} + Q_{\text{avances}} = 130,468 + 112,693 = 243,161 \text{ cfm}$$

Si comparamos el requerimiento total (personal + equipos) con el requerimiento necesario para la dilución de gases podemos observar que la demanda de aire de personal más HP de equipos es superior.

Del resultado podemos justificar que: para el análisis de balance de la mina se considere el requerimiento total (personal + equipos).

3.3.4. OFERTA DE AIRE

Ingreso de aire: El ingreso principal de aire fresco a la mina subterránea es por las rampas Nv 08 y túneles Niveles 06, 07, 09 y 12 de la mina Animas; lo cual asciende aproximadamente en 245,505 cfm.

Salida de aire: La salida de aire de la mina es a través de ductos independientes como chimeneas tipo Alimak y chimeneas tipo raise borer accionados por ventiladores axiales, el flujo de evacuación de aire asciende en 248,276 cfm.

3.3.5. BALANCE DE AIRE

Después de la toma de información de la demanda de aire y oferta del sistema de ventilación actual, se ha determinado una cobertura aproximada del 73%, lo cual no cumple con la norma de seguridad del DS 055-2010 artículo 236° EM, reglamento de seguridad y salud ocupacional.

INGRESO DE AIRE FRESCO (CFM)		SALIDA DE AIRE VICIADO (CFM)	
Boca Mina Nv 6	40,897	Cha 407 N	17,640
Boca Mina Nv 7	17,782	Ch 396 N	115,408
Boca Rampa Nv 8	79,016	Boca Mina Nv 7 NW	94,783
Boca Mina Nv 9	22,236	Cha 380 N	20,445
Boca Mina Nv 12	46,184		
Rb 450	39,390		
TOTAL	245,505	TOTAL	248,276

Ingreso de Aire Limpio	245,505	CFM
Salida de Aire Viciado	248,276	CFM
Requerimiento	341,212	CFM
Cobertura	73%	

TABLA 9: Balance general de ventilación mina Animas
Elaboración Propia Fuente: Informe de ventilación Minera Bateas 2011

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE VENTILACIÓN

Con el levantamiento del sistema de ventilación realizado en la mina Animas se desarrolló el modelamiento y calibración en el software Ventsim (ver anexo 02).

La calibración del sistema en el software alcanzó una correlación del 95% (ver anexo 03) entre los resultados simulados y los datos obtenidos en campo, podemos indicar una fuerte correlación con la variable dependiente (Q), por el cual se acepta el modelo de la mina en ventsim.

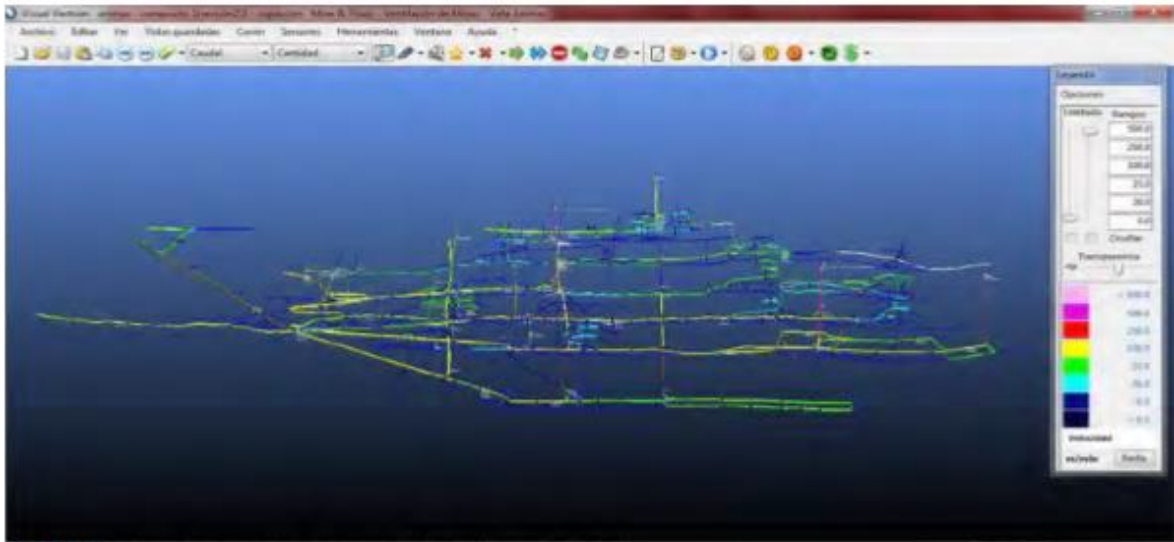


FIGURA 19: Modelo General del sistema de ventilación en Ventsim – Veta Animas
 Elaboración propia Fuente: Estudio de ventilación de minas, Mina Animas-Unidad
 Caylloma 2011-Minera Bateas

Flujo de aire compresible	Si
La presión de ventilación natural	No
Tipo de simulación de la presión del ventilador	Método de la presión total
Red de conductos de ventilación	2350
Longitud total	25,800.8 m
Caudal de aire total de admisión	256.8 kft3/min
Caudal de aire total de escape	265.9 kft3/min
Flujo de masa total	92.06 kg/s
Resistencia de la mina	0.13842 PU
RESUMEN DE POTENCIA	
Potencia del AIRE (pérdida por fricción)	389.5 hp Total 131.9 hp Chimenea 257.6 hp Conducir
Refrigeración Potencia de entrada	0.0 hp
Potencia eléctrica de ENTRADA	569.3 hp
Que consta de ..	
2 Ventiladores	276.6 hp
2 Presiones fijadas	1.0 hp
2 Flujos fijados	291.7 hp
0 Refrigeración	0.0 hp

Elaboración propia
 Fuente: Simulador Ventsim

FIGURA 20: Resultados obtenidos Alternativa I

4.2. PLANEAMIENTO DE PRODUCCIÓN Y VENTILACIÓN DE LA MINA ÁNIMAS

El rediseño del sistema de ventilación de la mina Ánimas parte de la evaluación del horizonte de la operación minera, acorde al tamaño de yacimiento y ritmo de operación, secuencia miento de minado, método de explotación y nivel de mecanización.

Las reservas y recursos minerales indicados en el capítulo III, muestran cantidades que podrían fácilmente sustentar mayores niveles de producción en el mediano plazo. Siendo la mina animas el principal aportante de mineral (90% del total de producción) con un promedio de 1,080 tpd.

El método de explotación aplicado es el Corte y Relleno Ascendente por el cual consideramos su mantención a futuro como premisa para este estudio.

El secuenciamiento de la mina Animas está orientada a la expansión al Noreste a través de los niveles 10 y 12 con el objetivo de generar una nueva área de producción al largo plazo y así ubicarse debajo de la zona Animas NE zonas de alta ley de plata. Ver Anexo 04 (plano de secuencia miento de minado mina Ánimas).

Para el caso de profundización, los taladros DDH desarrollados desde interior mina dieron resultados positivos de continuidad en un rengu de 100metros debajo de la cota 4500msnm (Nv 12), esto nos indica que la mina al largo plazo profundizará con el fin de reemplazar las áreas minadas. Ver anexo 10 (plano de recursos minerales veta animas).

4.2.1. PLAN DE PRODUCCIÓN ACTUAL

Según lo indicado en el capítulo III, el plan de producción de la mina actual se mantiene a un ritmo de 1200 tpd lo cual representa un producción de mineral de plata en 2 MM onzas por año.

4.2.2. PLAN DE PRODUCCIÓN A LARGO PLAZO

Considerando que las actividades mineras no se encuentran estáticas en el tiempo, por el contrario la coyuntura actual de precios de metales hacen que estas se aboquen a un constante crecimiento, por tal razón se plantea tres (03) escenarios de escala de producción partiendo la

producción actual (1080tpd) como escenario base para la Mina Animas.

4.2.2.1 CALCULO DE PRODUCCIÓN

Para el estimado de escalas de producción consideramos el algoritmo de Taylor, como herramienta bajo tres escenarios determinados por volúmenes de recursos.

Escenario I: determinado a nivel de reservas

Escenario II: determinado a nivel de reservas y recursos medidos en indicados

Escenario III: determinado a nivel de reservas y recursos medidos, indicados e inferidos.

Estimación escenario I (Escenario base) (Formula de Taylor)

Taylor nos proporciona el ritmo de producción anual base al cual debe operar la mina para iniciar sus operaciones a partir de los recursos y reservas descritos anteriormente.

$$\textit{Producción anual} \left(\frac{t}{\textit{año}} \right) = 5 \times \sqrt[0.75]{(\textit{Recursos} + \textit{Reservas})}$$

$$\textit{Producción diaria} \left(\frac{t}{d} \right) = \frac{\textit{Producción anual}}{\textit{días} \times \textit{año}}$$

Dónde:

Días x año = 330 días.

Recursos y reservas = volumen de mineral de las vetas Animas y Animas NE

Para el estimado solo se considera los recursos y las reservas de la mina Animas, según capítulo IV, está conformada por las vetas Animas y Animas NE. El resultado de la aplicación del algoritmo de Taylor se muestra en la tabla 12

Escenario	Reservas (t) (*)	Recursos		Total	Produccion según Taylor (t)	Produccion Base (t)	Vida (años)
		Medido + Indicado (t) (*)	Inferido (t) (*)	Reservas + Recursos (t)			
I (Base)	3,632,800			3,632,800	1,185	1,080	10
II	3,632,800	1,987,900		5,620,700	1,644	1,600	11
III	3,632,800	1,987,900	2,336,000	7,956,700	2,134	2,100	11

Elaboración propia

(*) Información tomada del Reporte Técnico NI 43-101 Mayo 2012 Minera Bateas

TABLA 10: Producción actual y estimada a largo plazo

Tomando como punto de partida el inventario de reservas de la mina Animas, se obtiene un estimado de producción base de 1,118 tpd, actualmente la mina Animas aporta con una producción de 1080 tpd. El horizonte operativo de la mina asciende a diez (14) años, el cual lo usaremos para la evaluación económica en el presente capítulo.

Escenario II: Evaluación de Recursos (Medidos + Indicados) + Reservas

Tomando como base el tonelaje las reservas y los recursos (medidos + indicados) el resultado aplicando el algoritmo de Taylor arroja una producción de 1600 tpd; lo cual indica que el horizonte operativo de la mina asciende a once (11) años.

Escenario III:

Evaluación de Recursos (Medidos + Indicados + Inferidos) + Reservas
Tomando como base el tonelaje las reservas y los recursos (medidos + indicados + Inferidos), el resultado aplicando el algoritmo de Taylor arroja una producción base del 2100 tpd; lo cual indica que el horizonte operativo de la mina asciende a once (11) años.

Estos escenarios nos permiten determinar el requerimiento futuro de ventilación según los niveles de producción a largo plazo. El resultado indica una posibilidad de crecimiento de producción de 1080 a 2100 toneladas por día en la Mina Animas.

Para este estudio nos basaremos solo a nivel de reservas y recursos medidos e indicados, por ser estos últimos los de mayor probabilidad

de ser extraído. Por lo expuesto consideramos que la producción máxima de la mina Ánimas podría ascender a 1600 toneladas por día, lo cual es coherente con el estudio de alternativas de minado desarrollado por la empresa en el 2011.

4.2.3. LANEAMIENTO DE LA VENTILACIÓN

Para el estimado de ventilación a mediano y largo plazo se requiere de un planeamiento adecuado. Para el caso de estudio no se ha evidenciado plan de crecimiento por el momento por lo cual consideraremos el análisis de la tabla 10 como premisa para el dimensionamiento del sistema de ventilación.

4.2.3.1 Condiciones Actuales del sistema de ventilación

Para el estimado de requerimiento de aire, se ha considerado el ratio (caudal/tonelada) de la producción actual de la Mina Animas

4.2.3.2 Ventilación por zonas de producción de la mina Ánimas

Actualmente la mina cuenta con tres zonas de producción llamada: alta, intermedia y baja.

1. La zona alta está conformada por el Nivel 06, se caracteriza por la mayor concentración de plata in situ, pero con presencia de mineral oxidado lo cual dificulta su tratamiento metalúrgico.
2. La zona intermedia está conformada por altos contenidos de plomo y zinc, comprende los niveles 07, 08, 09 y 10.
3. La zona baja, se caracteriza por su mayor aporte de mineral por la potencia de las mismas pero con menor valor económico, comprende el nivel 12.

4.2.3.3 Condiciones a Mediano y Largo Plazo

a) Requerimiento de ventilación

La determinación de la demanda de ventilación a mediano y largo plazo se estima en base a minado de áreas en el tiempo e incremento de recursos (personal y equipos).

Escenario	Reservas + Recursos (t)	Produccion según Taylor (t)	Produccion Base (t)	Vida (años)	Requerimiento de Aire (cfm)
I (Base)	3,632,800	1,185	1,080	10	341,212
II	5,620,700	1,644.09	1,600	11	505,499
III	7,956,700	2,133.70	2,100	11	663,468

Elaboración propia

Fuente: Reporte Técnico NI 43 101 Mayo 2012

TABLA 11: Requerimiento de ventilación (equipos diésel y personal)

Determinada la escala de producción de la mina (1,600 tpd), podemos indicar que el requerimiento total de ventilación ascenderá en 505,499 cfm para la Mina Animas.

El requerimiento total se distribuye por zonas de producción, indicando mayor necesidad en la zona Baja, el cual tiende a incrementar en el tiempo.

Requerimiento total para dilución de gases

Tajeos (explotación) para una producción de 1600 tpd

$$Q3 = (100 \times A \times a) / (d \times t)$$

A= producción x factor de carga/# disp x día

Producción actual = 1600 t/d

Factor de carga= 0.7 kg/t

$$A = 1600 \text{ t} \times 0.7 \text{ kg/t} / 2 \text{ disp} = 560 \text{ kg}$$

a = 0.88 m³/kg

d = 0.3

t = 30 minutos

$$Q3 = 100 \times 560 \times 0.88 / (0.3 \times 30) \times 35.3 = 193,287 \text{ cfm}$$

Avances lineales (exploración, desarrollo y preparación), para 1600 tpd.

$$Q3 = (100 \times A \times a) / (d \times t)$$

A= volumen avance x factor de carga/#disp Avance programado x día = 53 m

Avance = 480m³

Factor de potencia= 2.2 kg/m³

$A = 480\text{m}^3 \times 2.2 \text{ kg/m}^3 / 2 \text{ disp} = 528 \text{ kg}$

$a = 0.88 \text{ m}^3/\text{kg}$

$d = 0.3$

$t = 30 \text{ minutos}$

$Q_3 = 100 * 528 * 0.88 / (0.3 * 30) * 35.3 = 182,242 \text{ cfm}$

Requerimiento total para dilución de gases

$Q_3 = Q_{\text{tajeos}} + Q_{\text{avances}} = 193,287 + 182,242 = 375,529 \text{ cfm}$

Podemos indicar que: El requerimiento en HP de equipos diésel + personal (505,499cfm) es superior a la ventilación requerida para dilución de gases (375,529 cfm), este último representa el 70% del total.

4.2.4. Alternativas de dimensionamiento del sistema ventilación

Una vez determinado el requerimiento de ventilación para una producción máxima (1,600tpd) en la mina Animas (caudal requerido 505,499cfm).

Con este dato podemos diseñar un sistema de ventilación adecuado, que permita cubrir la demanda actual con proyección de cobertura al largo plazo, para lo cual se desarrollan tres (03) alternativas.

1. Instalación de dos (02) ventiladores principales sin construcción de chimeneas adicionales.
2. Ampliación del sistema de extracción de aire viciado y adquisición e instalación de (02) ventiladores principales
3. Ampliación del sistema de extracción de aire viciado y adquisición e instalación de (02) ventiladores principales extractores y (01) ventilador principal impelente.

Objetivo principal

El objetivo principal del desarrollo de las alternativas es la búsqueda de un sistema con un menor uso de energía eléctrica e incremente la cantidad de aire, representando un menor costo operativo.

4.2.4.1 Alternativa I

Para el desarrollo de la primera alternativa, se consideró la instalación de 02 ventiladores adicionales para cubrir el requerimiento actual de ventilación y mantener una capacidad holgada al largo plazo.

4.2.4.2 Alternativa II

Ampliación del sistema de extracción de aire viciado (construcción de 02 chimeneas raise bore de 2.1m de diámetro) y adquisición e instalación de (02) ventiladores principales.

4.2.4.3 Alternativa III

Ampliación del sistema de extracción de aire viciado y adquisición e instalación de (02) ventiladores principales extractores y (01) ventilador principal impelente.

Aternativa	Producción (t)	Requerimiento	Caudal (cfm)	Cobertura a corto plazo	Cobertura a largo plazo	Potencia Electrica (Hp)	cfm/hp
Base	1080	341,212	248,276	73%	73%	276.6	898
I	1600	505,499	446,600	131%	88%	531.6	840
II	1600	505,499	521,800	153%	103%	463.5	1,126
III	1600	505,499	524,100	154%	104%	555.6	943

Elaboración propia

TABLA 12: Resumen de alternativas

4.3. Optimización de la propuesta

4.3.1. Aplicación de variadores de velocidad

En vista a la necesidad de controlar el consumo de energía en la mina y los costos que estos incurren, se presenta una propuesta adicional para minimizar el consumo de energía de los ventiladores principales, la cual esta dado por la uso de Variadores de Velocidad cuya aplicación se describe en el capítulo I del presente documento.

Caudal: $Q1/Q2 = n1/n2$

Para el análisis consideramos las siguientes premisas

a) Tiempo de ingreso a turno = 45 minutos (Incluye tiempo de ventilación 30 minutos).

- b) Tiempo de revisión de equipos = 30 minutos.
- c) Tiempo de inspección de labor = 15 minutos.
- d) Tiempo de desatado de labor = 60 minutos.
- e) Tiempo para traslado hacia comedor = 15 minutos
- f) Tiempo para alimentos = 60 minutos
- g) Tiempo de retorno a labor = 15 minutos
- h) Tiempo de salida de turno = 30 minutos
- i) Tiempo total de horas muertas = 300 minutos = 5.0 horas/turno

Reducción de requerimiento de aire para gases y ventilación de operación a antes de hora punta está al 70%.

$$\text{Variación de Potencia } P1/P2 = (0.7)^3 \square P1/P2 = 34\%$$

$$P1 = 0.34 * 463.5 = 159 \text{ Hp}$$

Donde la Variación de P = 304.5 Hp

4.3.2. Aplicación de sistemas de control a través de tecnologías de información.

Esta aplicación está basada en la implementación de redes de comunicación de video y data por cable de fibra óptica desde un punto de control hacia los ventiladores principales, ubicados en superficie los cuales serán monitoreados por una consola ubicada en la zona de campamento (oficinas generales) que permita un control continuo del funcionamiento.

La información en tiempo real es a través del sistema de instrumentación que se coloca a cada ventilador con sus respectivos sistemas electrónicos (variadores de velocidad).

Este dispositivo permitirá mostrar en tiempo real el estado de operación de cada ventilador y permitirá al usuario tomar las decisiones según requerimiento de aire en labor, para ello deberá de contar con estadística de trabajo en interior mina destacando las horas de mayor y menor demanda de aire en las labores. Puede ser mejorado con la instalación de puntos de monitoreo fijo en interior mina que permita brindar lecturas de emisiones gaseosas en interior de la mina.

Un punto importante que se busca es el control de la generación de flujo de aire y consumo de energía. Para ello se plantea el uso de variadores de velocidad para los cuatro (04) ventiladores principales de la mina Ánimas.

El impacto de esta implementación la podemos medir mediante la evaluación bajo la técnica del valor presente neto económico; para ello se desarrollan los siguientes escenarios de evaluación:

- 1) sin proyecto;
- 2) con proyecto de ampliación a 1,600 tpd sin uso de variador de velocidad y
- 3) con proyecto de ampliación a 1,600 tpd con uso de variadores de velocidad.

Los costos operativos para una producción de 1,600 tpd se estimaron según el método del CIM de Canada. El resultado se obtiene en la tabla 5.9.

Cost Estimation 1,600 tpd (USD)	
I. Variable Cost	56.3
* <u>Operating Cost; Supplies; Power</u>	43.4
Underground Mines	30.3
Processing Plant	10.4
Power	2.2
Supplies-General Plant Services	0.4
* <u>Wages/General Plant Services</u>	12.9
Electrical Services	2.1
Surface Plant Service	1.9
Townsite Employees	1.6
Townsite Operating Cost	7.4
II. Fixed Cost	3.7
* <u>Wages/Administration Expenses</u>	3.5
General Administration Wages	2.3
General Expenses	1.3
Total Cost	60.0

Fuente: Estudio de alternativas de producción minera Bateas

TABLA 13: Resumen de costo operativo para una producción de 1,600tpd

4.3.3. Inversión de Sostenibilidad de la operación

Es la inversión que se realiza cada año en la operación y comprende:

1. Renovación y reposición de equipos
2. Estudios, pruebas y mediciones
3. Construcción y mejoramiento de infraestructura de la operación
4. Programas y compromisos sociales con la comunidad
5. Programas y compromisos con los trabajadores
6. Contingencias

El ratio de inversión anual para el sostenimiento de las operaciones actuales se considera según operaciones similares en:

Ratio de Inversión Anual de Sostenimiento (1,200 t/d)= 6,000 USD/t

Criterios de selección de la evaluación económica

Para determinar la mejor alternativa se definen los siguientes criterios:

Valor Presente Neto: El cual debe ser mayor a 0.

Vida de la mina: Mayor a 08 años y menor a 14 años.

Resumen de evaluacion de inversiones

ESCENARIO I 183,503,340 USD VAN nivel de produccion actual

ESCENARIO II 224,767,490 USD VAN incremento de produccion
sin variadores

ESCENARIO III 225,205,977 USD VAN incremento de produccion
con variadores

Incremental por uso de variadores e instrumentacion

Generacion de Valor 438,487 USD

DISCUSION FINAL

En el desarrollo de la presente tesis se vieron necesidades de tomar premisas y basarse en algoritmos para determinar las variables dependientes en el modelo de ventilación.

En vista a que solo contamos con información al año 2011 de las actividades mineras, se ha procedido a tomar información pública de la empresa establecida en su página web

CONCLUSIONES

Se pudo validar la hipótesis planteada; los sistemas de ventilación aplicando tecnologías de información a través de manejo de escenarios es una propuesta que genera valor en el proceso de minado de Minera Bateas.

La propuesta planteada genera valor por un monto de 438,487 dólares americanos con una inversión incremental de 136,878 dólares americanos.

Se lograron los objetivos siguientes:

Se planteó un sistema de ventilación cuya infraestructura tecnológica y de comunicación permitan transmitir en tiempo real cambios en el sistema acorde a los niveles de contaminación.

La propuesta permite minimizar el consumo de energía por uso de tecnología, instrumentación y sistemas de comunicación en interior mina.

Las reservas y recursos (medidos e indicados) pueden sostener una ampliación de operaciones de 1200 tpd a 1600tpd, para lo cual la mina demandaría un requerimiento de 505,499 cfm, para mantener una cobertura superior al 100%.

La mejor alternativa para abastecer el crecimiento de la demanda de ventilación, es la implementación de 02 ventiladores de 100,000cfm (principal) y dos proyectos raise bore principales en las zonas NE de la mina.

Se espera con la implementación de esta alternativa una capacidad de extracción de aire superior a 521,000cfm, superior al requerimiento estimado.

Las horas muertas de la mina asciende a 5 horas por turno de 12 horas, hora de baja productividad y demanda de ventilación en interior mina por parada de equipos diésel.

Las horas acumuladas anuales por horas muertas asciende a 3,300 horas anuales, horario en el cual la capacidad de caudal de los ventiladores se reducen en un 30%, esto genera un ahorro de energía de 749,666 kw-h/año.

El ahorro indicado generará mayor impacto económico en operaciones mineras de mayores escalas de producción, por el cual sería importante ese análisis.

La implementación de tecnología permite a los operadores hacer seguimiento y medición a sus actividades y por ende realizar los controles y ajustes respectivos.

RECOMENDACIONES

Implementar la propuesta del presente estudio.

Se recomienda enfatizar en un adecuado plan de minado detallado a largo plazo para una mejor ingeniería de los sistemas de ventilación de minas.

Hacer el análisis de ventilación a largo plazo si el plan de expansión es superior a 1600 tpd.

Para el largo plazo se requiere hacer una revisión de la Resistencia global de la mina, con el fin de determinar diámetros superiores.

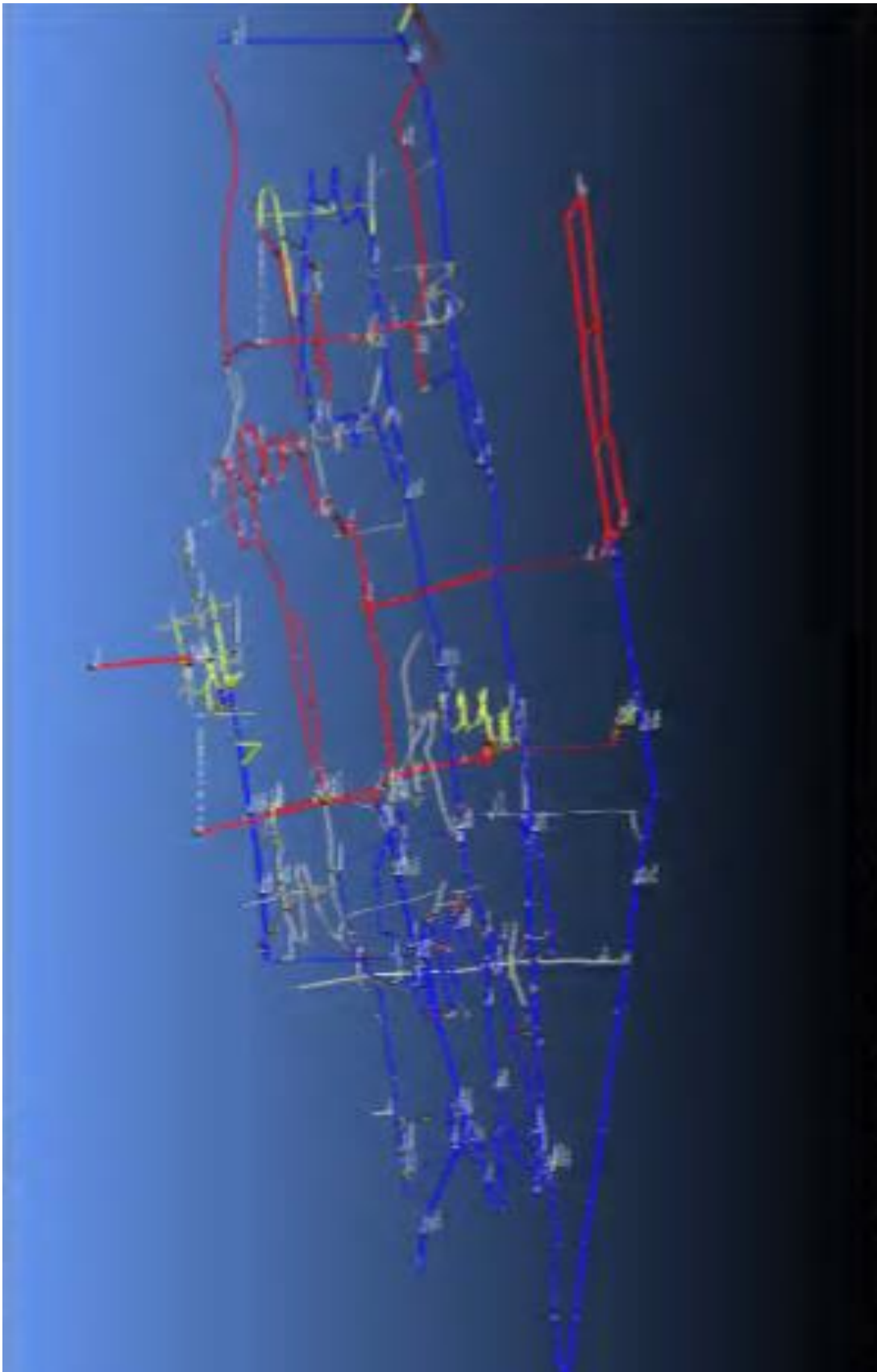
Implementar un sistema inteligente, que consista en la instalación de dispositivos de medición de gases ubicados en puntos estratégicos de alto tránsito que permita regular los variadores de velocidad de acuerdo al nivel de contaminantes y requerimiento de ventilación en tiempo real de la mina.

BIBLIOGRAFIA

1. Howard L. Hartman 1992 "SME Mining Engineering Handbook" Segunda Edition
2. Kenneth C. Laudon Jan P. Laudon "Sistemas de Información Gerencial" Decima Edición.
3. Ronald M. Weiers " Introducción a la Estadística para Negocios" Quinta Edición
4. Euler De Souza "Mine Ventilation" Departament of Mining Engineering Queen's University, Kingston, Ontario, Canada.
5. José Francisco Zegarra Carmona 2006 "Evaluación del Sistema de Ventilación en Profundización de Minas". UNI - Perú
6. Nestor David Cordova Rojas 2008 "Geomecanica en el Minado Subterráneo Caso Mina Condestable". UNI – Perú
7. Fortuna Silver Mines Inc 2005 "Thecnical Report 43-101 Caylloma Project Arequipa, Peru".
8. Sergio Bravo 2010 "Evaluación de Inversiones" ESAN Lima - Peru
9. Fortuna Silver Mines, Mayo 2012 "Reporte Técnico NI 43 101"
10. Andersen Sweemey Williams "Estadística para administración y economía" Octava Edicion.
11. Fortuna Silver Mines 2013. www.fortunasilver.com.

ANEXOS

ANEXO 01 PLANO ISOMETRICO DE VENTILACION 2011 MINA ANIMAS



ANEXO 02 REGISTRO DE LEVANTAMIENTO DE VENTILACION 2011 MINA ANIMAS

VETA	FECHA	HORA	LABOR	NIVEL	DISTANCIA (m)	TIEMPO (")	BULBO HUMEDO (°C)	BULBO SECO (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERAT URA (°C)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	VELOCIDAD Ane (m/s)	TEMPERAT URA Ane (°C)	O2 (%)	H2S (ppm)	CO (ppm)	CO2 (%)	MO2 (ppm)
Ani mas	22/02/2011	08:30 p.m.	Rb 422	12	190	1.48	11.3		87.1	12.8	3.4	2.95	0.85	18	20.8	0	0	0	0
Ani mas	22/02/2011	08:30 p.m.	Rb 422	12	185	1.47	11.3		87.1	12.8	3.4	2.95	0.88	18	20.8	0	0	0	0
Ani mas	22/02/2011	08:30 p.m.	Rb 422	12	187	1.47	11.3		87.1	12.8	3.4	2.95	0.91	18	20.8	0	0	0	0
Ani mas	22/02/2011	08:30 p.m.	Rb 422	12	187	1.47	11.3		87.1	12.8	3.4	2.95	0.88	18	20.8	0	0	0	0
Ani mas	22/02/2011	04:00 p.m.	Rp 512 Rb 402	12	236	1.38	9.7		88	11	3.1	3	1.10	15.4	20.8	0	15	0.06	0.6
Ani mas	22/02/2011	04:00 p.m.	Rp 512 Rb 402	12	234	1.45	9.7		88	11	3.1	3	1.00	15.4	20.8	0	15	0.06	0.6
Ani mas	22/02/2011	04:00 p.m.	Rp 512 Rb 402	12	228	1.46	9.7		88	11	3.1	3	1.09	15.4	20.8	0	15	0.06	0.6
Ani mas	22/02/2011	04:00 p.m.	Rp 512 Rb 402	12	233	1.43	9.7		88	11	3.1	3	1.06	15.4	20.8	0	15	0.06	0.6
Ani mas	22/02/2011	04:35 p.m.	Cor 280 Altura Animak	12	455	2.42	8.9		91	9.8	4.46	3.75	1.30	13.3	20.8	0	0	0.03	0
Ani mas	22/02/2011	04:35 p.m.	Cor 280 Altura Animak	12	470	2.51	8.9		91	9.8	4.46	3.75	1.37	13.3	20.8	0	0	0.03	0
Ani mas	22/02/2011	04:35 p.m.	Cor 280 Altura Animak	12	340	1.58	8.9		91	9.8	4.46	3.75	1.23	13.3	20.8	0	0	0.03	0
Animas	22/02/2011	04:35 p.m.	Cor 280 Altura Animak	12	422	2.17	8.9		91	9.8	4.46	3.75	1.30	13.3	20.8	0	0	0.03	0
Animas	22/02/2011	05:00 p.m.	Boca Mina Cor 280	12	1041	2.22	3.5		89	4.3	4	3.99	2.90	9.8	20.8	0	0	0.01	0
Animas	22/02/2011	05:00 p.m.	Boca Mina Cor 280	12	1039	2.26	3.5		89	4.3	4	3.99	2.42	9.8	20.8	0	0	0.01	0
Animas	22/02/2011	05:00 p.m.	Boca Mina Cor 280	12	1050	2.30	3.5		89	4.3	4	3.99	2.79	9.8	20.8	0	0	0.01	0
Animas	22/02/2011	05:00 p.m.	Boca Mina Cor 280	12	1043	2.26	3.5		89	4.3	4	3.99	2.70	9.8	20.8	0	0	0.01	0
Animas	22/02/2011	10:08 a.m.	Rp 360 XC 363	10	649	1.33	5.5		89.4	6.5	4	3.02	3.1	11.3	20.8	0	0	0	0
Animas	22/02/2011	10:08 a.m.	Rp 360 XC 363	10	695	1.25	5.5		89.4	6.5	4	3.02	3.36	11.3	20.8	0	0	0	0
Animas	22/02/2011	10:08 a.m.	Rp 360 XC 363	10	625	1.16	5.5		89.4	6.5	4	3.02	3.1	11.3	20.8	0	0	0	0
Animas	22/02/2011	10:25 a.m.	Rp 360 A la altura Tj 360	10	379	1.37	6.8		88.6	8	3.5	3.45	1.46	9.2	20.8	0	0	0.05	0.5
Animas	22/02/2011	10:25 a.m.	Rp 360 A la altura Tj 360	10	331	1.43	6.8		88.6	8	3.5	3.45	1.46	9.2	20.8	0	0	0.05	0.5
Animas	22/02/2011	10:25 a.m.	Rp 360 A la altura Tj 360	10	339	1.56	6.8		88.6	8	3.5	3.45	1.71	9.2	20.8	0	0	0.05	0.5
Ani mas	22/02/2011	11:14 a.m.	Rp 430	10	253	1.31	4.5		87.7	5.7	3.2	3.05	1.52	10.2	20.8	0	0	0.12	0.7
Ani mas	22/02/2011	11:14 a.m.	Rp 430	10	364	1.37	4.5		87.7	5.7	3.2	3.05	1.45	10.2	20.8	0	0	0.12	0.7
Ani mas	22/02/2011	11:14 a.m.	Rp 430	10	342	1.16	4.5		87.7	5.7	3.2	3.05	1.45	10.2	20.8	0	0	0.12	0.7
Ani mas	22/02/2011	11:45 p.m.	Rp 437, Curva a 30m	10	116	1.35	7.2		91	8.1	3.3	3.5	0.62	11.2	20.8	0	0	0	0

ANEXO 03 CUADRO DE CORRELACION DE DATOS REALES VS DATOS SIMULADOS CON VENTSIM

Nv.	Labor	Q Real (KCFM)	Q Simul (KCFM)	%
12	RP 240 (Bocamina)	35.4	36.2	102.26
	Antes de RP 292	37.5	36.6	97.60
	Pie de RP 292	30.5	28.9	94.75
	Pie de RP 300	27.9	26.7	95.70
	Antes de CH 310 (2)	25.4	24.5	96.46
	Después de CH 310 (2)	10.3	9.9	96.12
Correlación Promedio				97.15

ANEXO 04 CUADRO DE AHORRO DE POTENCIA ANUAL POR APLICACIÓN DE VARIADORES

DATOS				CONDICIONES AL Q=100%				CONSUMO DE ENERGIA CON VARIADOR (Q=70%)					AHORRO	
Zona	Caudal Nominal (lcfm)	Ubicación	Caudal Simulado (lcfm)	Potencia Hp	Presion Total en m.g	Horas/año	kw-h/año	Caudal Simulado con Variador (lcfm)	Potencia Hp	Horas/año	kw-h/año (1)	kw-h/año (2)	USD/año total	Ahorro USD
Alta	100	Ch 407	137.6	103	3	7,920	609,148	96	35	3,300	87,057	355,336	110,598	41,689
Intermedia	100	PROY RB 0	133.6	111	3	7,920	658,187	94	38	3,300	94,066	383,942	119,502	45,045
Baja	100	RB 450	124.9	125	4	7,920	737,949	87	43	3,300	106,465	430,470	133,984	50,503
	100	PROY RB 0	125.7	124	4	7,920	733,223	88	43	3,300	104,790	427,713	133,126	50,180
			521.8	463.5			2,738,506	365	159	13,200	391,378	1,597,462	497,210	187,417

ANEXO 05

Estándares, normas, reglamentos y pautas de ingeniería

D.S. N° 023-2017- EM modifican diversos artículos y anexos del reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería, aprobado por decreto supremo N° 024-2016-EM.

OPERACIONES EN CONCESIONES DE BENEFICIO

Subcapítulo I Ventilación

ART. 315.- En los ambientes de trabajo de las plantas de beneficio, laboratorios y otros, las concentraciones de polvo ambiental y gases no deberán superar los límites de exposición ocupacional, asegurándose que los sistemas de control instalados se encuentren en buenas condiciones de operatividad y mantenimiento de acuerdo a recomendaciones de los fabricantes.

ART. 316.- Si la ventilación en las plantas de beneficio no es óptima por medios naturales, se utilizará sistemas de ventilación, previo estudio de capacidad y rendimiento.

ART. 317.- En las etapas de operaciones y procesos de beneficio de minerales, en los que pudieran generarse partículas en suspensión, por la rotura y sequedad del mineral, se deberán emplear colectores de polvo (cámaras de filtros de manga, lavadores y otros), campanas extractoras y atomizadores de agua en los puntos de descarga de las fajas transportadoras, chancadoras, zarandas y otros; así como el riego adecuado en los patios de almacenamiento de concentrados.

ESTÁNDARES DE LAS OPERACIONES MINERAS SUBTERRÁNEAS

Subcapítulo I Ingeniería del Macizo Rocosó

ART. 213.- En la ejecución de las labores mineras horizontales, inclinadas o verticales y otras, se procederá a su sostenimiento sistemático inmediato, sobre la base de los estudios geomecánicos, antes de continuar las perforaciones en el frente de avance, aplicando el principio de "labor avanzada, labor sostenida", en lo que sea aplicable.

ART. 214.- En las etapas de exploración y explotación, - incluida la preparación y desarrollo de la mina-, el titular de actividad minera debe tener en cuenta: a) Que, de acuerdo al estudio geomecánico efectuado, el plan de minado debe considerar las condiciones más desfavorables de la masa rocosa del depósito mineralizado, para elegir el método

ARTÍCULO do de explotación de menor riesgo que permita la seguridad de los trabajadores y maquinarias, así como: una alta recuperación del mineral, la estabilidad de las excavaciones y la buena productividad.

- **Sistema RMR, Q Barton y GSI.**

Para la determinación de los dominios geotécnicos en el yacimiento, influyendo en el diseño de labores y secuencia de minado.

PYME - Sociedad de Minería, Metalurgia y Exploración

- Manual de ingeniería minera para PYME
- Manual de construcción de túneles y subterráneos para PYME

**Código Regulaciones Federales de Seguridad y Salud en Minería
Explosivos**

- Áreas alrededor de las instalaciones de almacenamiento de material explosivo
- Prácticas de almacenamiento de material explosivo
- Separación de material explosivo transportado
- Control de operaciones de voladura
- Comprobación de obstrucción del pozo de voladura
- Separación de material explosivo
- Carga, voladura y seguridad

Calidad del aire, radiación y agentes físicos

- Deficiencia de oxígeno
- Exposición a partículas de diesel
- Detectores de metano portátiles
- Sistemas de monitoreo de metano
- Monitoreo de la exposición al radón

Ventilación

- Ventiladores principales y de refuerzo
- Controles del ventilador principal subterráneo
- Plan de ventilación
- Mantenimiento del ventilador principal
- Pruebas de deficiencia de oxígeno
- Zonas no ventiladas

- Sistemas de ventiladores auxiliares
- Construcción y mantenimiento de puertas de ventilación
- Abrir y cerrar puertas de ventilación
- Apagado o falla de ventiladores auxiliares

Normativa peruana sobre minería y medio ambiente

- Niveles máximos permisibles de emisión de efluentes líquidos para actividades mineras y metalúrgicas.
- Niveles máximos permisibles de emisión de gases y partículas para actividades mineras y metalúrgicas.
- Pasivos ambientales de la actividad minera.
- Ley Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.

ANEXO 06

Restricciones múltiples realistas

Los proyectos de diseño de alto nivel, los estudiantes resuelven problemas de diseño complejos que se caracterizan por muchas limitaciones técnicas y no técnicas realistas, así como compensaciones entre los diferentes objetivos y requisitos del proyecto. A continuación, se muestra la lista de restricciones típicas que los estudiantes consideran en proyectos de diseño de alto nivel:

- Disponibilidad limitada de equipos para la la toma de datos de mina.
- Dificil accesibilidad al sitio de la mina.
- No existen mucha relación entre la Universdidad y Empresa
- Grupos de interés con diferentes intereses y expectativas sobre el proyecto.
- Conflicto con las comunidades locales.
- Disponibilidad limitada de información sobre los parámetros y características de la roca.
- Consideraciones ambientales y posibles impactos en el ecosistema.
- Variabilidad e imprevisibilidad del precio de los minerales.
- El presupuesto limitado requiere el uso óptimo de los recursos disponibles.
- La disponibilidad de tiempo limitado requiere una planificación cuidadosa del cronograma del proyecto

ANEXO 07

CRONOGRAMA

TABLA: Cronograma de desarrollo del proyecto

Tiempo Actividades/ semana	Agosto		Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Recoleccion de informacion bibliografica	0	0	0													
Determinacion del aspecto teorico a utilizar			0	0	0											
Primer Control					0	0										
Traslado a mina para toma de datos							0									
Ajuste de datos de campo							0	0								
Aspectos geomecanicos								0	0							
Segundo Control										0						
Trabajo de laboratorio y Gabinete										0	0	0				
Calculos necesarion para la ventilacion											0	0	0			
Diseño del sistema de ventilaciun													0	0		
Preparcion del Trabajo de investigacion														0		
Tercer Control															0	
Presentacion del trabajo final															0	0

ANEXO 08

PRESUPUESTO

TABLA: Presupuesto básico para la elaboración del proyecto

Presupuesto				
Personal	Cantidad personas	Dias de trabajo	S/.	total S/
Laptop	1	3	5000.00	5000.00
Chofer	1	3	100.80	302.40
Camioneta	1	3	317.18	951.55
viaticos	4	3	100.00	1200.00
Hospedaje A. M.	4	2	35.00	280.00
Alimentacion	4	1	50.00	200.00
Combustible				300.00
Imprevisto				116.05
Costo por Viaje				3350.00
Costo por dos viajes				6700.00